

4
P. VINASSA - P. ALOISI - F. MILLOSEVICH

**GEOLOGIA
PALEONTOLOGIA
MINERALOGIA**



**ENCICLOPEDIA
SCIENTIFICA
MONOGRAFICA
ITALIANA
DEL XX SECOLO**

DIRETTA DA ENRICO CASTELLI

VALENTINO BOMPIANI

ENCICLOPEDIA SCIENTIFICA MONOGRAFICA ITALIANA
DEL VENTESIMO SECOLO -
SERIE II - N. 2

G E O L O G I A
PALEONTOLOGIA
MINERALOGIA



ENCICLOPEDIA SCIENTIFICA MONOGRAFICA ITALIANA DEL XX SECOLO

PROMOSSA DALLA SEZIONE NAZIONALE
SCRITTORI SCIENTIFICI
DEL SINDACATO NAZIONALE AUTORI E SCRITTORI

Direttore:
ENRICO CASTELLI

L'ENCICLOPEDIA SCIENTIFICA MONOGRAFICA ITALIANA DEL XX SECOLO, è una collezione di monografie sui movimenti scientifici e culturali in Italia dal 1900 ad oggi. Tale impresa, vera e propria rassegna delle forze intellettuali del nostro Paese, esaudisce un voto più volte formulato nei Congressi Scientifici Italiani, e mira così ad illustrare i grandi progressi dovuti in tutti i rami delle scienze agli studiosi italiani, come a rivendicare invenzioni e scoperte, attribuite a ricercatori e studiosi stranieri.

Ogni volume, affidato a uno scienziato di sicura fama, considererà, in visione panoramica, una particolare disciplina, e conterrà la bibliografia essenziale commentata delle pubblicazioni edite sull'argomento. La trattazione dei contributi apportati dal pensiero italiano in ogni campo, dal 1900 ad oggi, sarà preceduta da un capitolo storico, che riassume le direttive e lo stato della scienza illustrata nella monografia, nel secolo scorso. Il carattere dello studio, improntato alla massima obiettività, sarà tale da permettere un sicuro orientamento anche da parte dei non specialisti.

I volumi varieranno dalle trecento alle quattrocento pagine ciascuno, e saranno arricchiti, quando il lavoro lo richieda, da grafici e illustrazioni.

SERIE PRIMA :

SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE PURE E APPLICATE.

SERIE SECONDA :

SCIENZE BIOLOGICHE - NATURALI.

SERIE TERZA :

SCIENZE MEDICHE.

SERIE QUARTA :

SCIENZE MORALI E FILOLOGICHE.

SERIE QUINTA :

SCIENZE GIURIDICHE ED ECONOMICHE.

COLLABORATORI

A. ALESSANDRINI (R. Università di Pisa), P. ALOISI (R. Università di Firenze), M. AMATURO (Roma), G. ARMELLINI (R. Università di Roma), A. BALLINI (Università Catt. di Milano), F. BANISSONI (R. Università di Roma), A. BÉGUINOT (R. Università di Genova), L. CASTALDI (R. Università di Cagliari), G. COLONNETTI (R. Università di Torino), R. CORSO (R. Istituto Orientale di Napoli), A. CROCCO (R. Università di Roma), F. EREDIA (R. Acc. Aer. di Caserta), A. FERRARIO (Roma), L. GANGEMI (Università di Napoli), A. GEMELLI (Università Catt. di Milano), E. GIACCHERO (Politecnico di Torino), R. GIACOMELLI (R. Università di Roma), G. Q. GIGLIOLI (R. Univ. di Roma), D. GIORDANO (Venezia), G. GIORGI (R. Univ. di Roma), C. A. JEMOLO (R. Univ. di Roma), G. LANDRA (Roma), L. LOMBARDI (R. Univ. di Roma), F. MILLOSEVICH (R. Univ. di Roma), R. MICELI DI SERRADILEO (Roma), G. MONTALENTI (R. Univ. di Bologna), P. PASQUINI (R. Univ. di Bologna), A. PAZZINI (R. Univ. di Roma), G. PERTICONE (R. Univ. di Perugia), F. RAFFAELE (già della R. Univ. di Roma), G. RICCI (R. Univ. di Milano), S. RICCOBONO (R. Univ. di Roma), V. RIVERA (R. Univ. di Perugia), S. SERGI (R. Università di Roma), M. SETTIMI (R. Università di Roma), S. E. FRANCESCO SEVERI (R. Università di Roma), P. VINCENSA DE REGNY (R. Università di Pavia), F. VITO (Università Catt. di Milano).

SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE PURE E APPLICATE

INVENZIONI E INVENTORI NEL VENTESIMO SECOLO

a cura dell' Ing. ARTEMIO FERRARIO, Segretario dell'Associazione Nazionale Fascista Inventori.

ASTRONOMIA E GEODESIA

a cura del Prof. G. ARMELLINI della R. Università di Roma e Direttore del R. Osservatorio Astronomico di Roma.

AERODINAMICA E AERONAUTICA

a cura di S. E. G. ARTURO CROCCO e del Prof. RAFFAELE GIACOMELLI.

FISICA

a cura del Prof. GIOVANNI GIORGI della R. Università di Roma.

INGEGNERIA (Scienza delle costruzioni)

a cura del Prof. GUSTAVO COLONNETTI della R. Università di Torino e dell' Ing. E. GIACCHERO del R. Politecnico di Torino.

CHIMICA

a cura del Prof. MARIO SETTIMI della R. Università di Roma.

MATEMATICA

a cura dei Proff. S. E. FRANCESCO SEVERI della R. Università di Roma, GIOVANNI RICCI della R. Università di Milano.

ELETTROTECNICA

a cura del Prof. Dott. LUIGI LOMBARDI della R. Università di Roma.

SCIENZE MILITARI

a cura del Col. Ing. M. AMATURO.

SCIENZE BIOLOGICHE - NATURALI

BIOLOGIA

a cura del Prof. F. RAFFAELE, del Prof. P. PASQUINI della R. Università di Bologna, del Prof. G. MONTALENTI della R. Università di Bologna.

BOTANICA

a cura del Prof. AUGUSTO BÉGUINOT, direttore dell'Istituto Botanico della R. Università di Genova.

ANTROPOLOGIA, PALETOLOGIA E PSICOLOGIA

a cura del Prof. SERGIO SERGI, direttore dell'Istituto di Antropologia della R. Università di Roma; del Prof. RAFFAELLO BATTAGLIA, incaricato presso la R. Università di Padova; del Prof. GUIDO LANDRA; di P. AGOSTINO GEMELLI dell'Università Cattolica di Milano e del Prof. FERRUCCIO BANISSONI.

MINERALOGIA, GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA

a cura del Senatore Prof. FEDERICO MILLOSEVICH, della R. Università di Roma; del Prof. PIERO ALOISI, già ordinario di Mineralogia presso la R. Università di Firenze e del Senatore P. VINASSA DE REGNY, Rettore della R. Università di Pavia e Direttore dell'Istituto Geologico di Pavia.

SCIENZE AGRARIE

a cura del duca VINCENZO RIVERA, prof. di Patologia vegetale nella R. Università di Perugia.

GEOGRAFIA E ETNOGRAFIA

a cura del Prof. RAFFAELE CORSO, titolare presso il R. Istituto Orientale di Napoli.

SERIE TERZA

SCIENZE MEDICHE

CHIRURGIA

a cura del Senatore Dott. DAVIDE GIORDANO. - 2 volumi.

MEDICINA

a cura del Prof. A. PAZZINI della R. Università di Roma - 2 volumi.

ANATOMIA E FISIOLOGIA

a cura del Prof. LUIGI CASTALDI della R. Università di Cagliari.

IGIENE E BATTERIOLOGIA

a cura del Prof. A. ALESSANDRINI della R. Università di Pisa.

SERIE QUARTA

SCIENZE MORALI E FILOLOGICHE

FILOSOFIA

a cura del Prof. RICCARDO MICELI DI SERRADILEO.

GLOTTOLOGIA E FILOGIA

a cura del Prof. AMBROGIO BALLINI dell'Università Cattolica di Milano.

ARCHEOLOGIA

a cura del Prof. GIULIO QUIRINO GIGLIOLI della R. Università di Roma.

SERIE QUINTA

SCIENZE GIURIDICHE ED ECONOMICHE

TEORIA DEL DIRITTO E DELLO STATO

a cura del Prof. GIACOMO PERTICONE della R. Università di Perugia.

DIRITTO ROMANO

a cura di S. E. SALVATORE RICCOBONO, Accademico d'Italia, della R. Università di Roma.

DIRITTO PUBBLICO

a cura del Prof. CARLO ARTURO JEMOLO della R. Università di Roma.

DIRITTO PRIVATO

.....

ECONOMIA

a cura del Prof. FRANCESCO VITO dell'Università Cattolica
di Milano.

SCIENZA DELLE FINANZE E STATISTICA

a cura del Prof. LELLO GANGEMI della Università di Camerino.

N. Cavinato

ENCICLOPEDIA SCIENTIFICA MONOGRAFICA ITALIANA
DEL VENTESIMO SECOLO
SERIE II - N. 2

26 NOV. 1987

P. VINASSA DE REGNY
PIERO ALOISI
FEDERICO MILLOSEVICH

POLITECNICO DI TORINO
DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO

CLASSIFICAZ. BIBLIOTECA
DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO
POLITECNICO DI TORINO

CLASSIFICAZ. BIBLIOTECA

G E O L O G I A
PALEONTOLOGIA
MINERALOGIA

7 1 11
101 52

CRISTALLOGRAFIA - PETROGRAFIA
GEOCHIMICA

INV. N°
CLASSIFICAZ. BIBLIOTECA
DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO
POLITECNICO DI TORINO

Politecnico di Torino
Istituto
di
Giacimenti Minerari
A-VII
5
Inv. N. 52

1939 - XVII

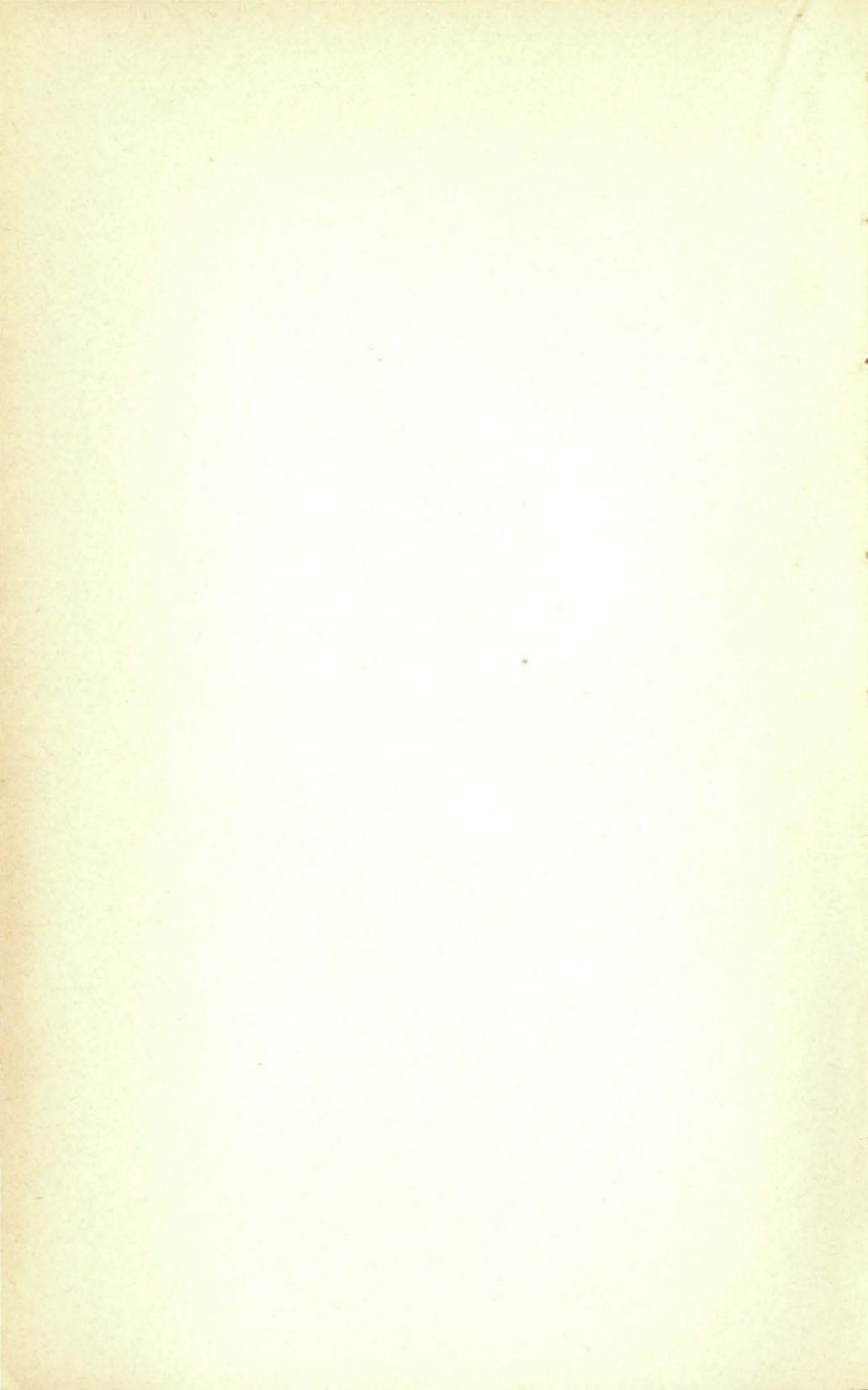
VALENTINO BOMPIANI

*Proprietà letteraria riservata per tutti i paesi
compresi i Regni di Svezia, Norvegia e Olanda*

Copyright 1939 by Soc. An. Edit.
Valentino Bompiani & C.

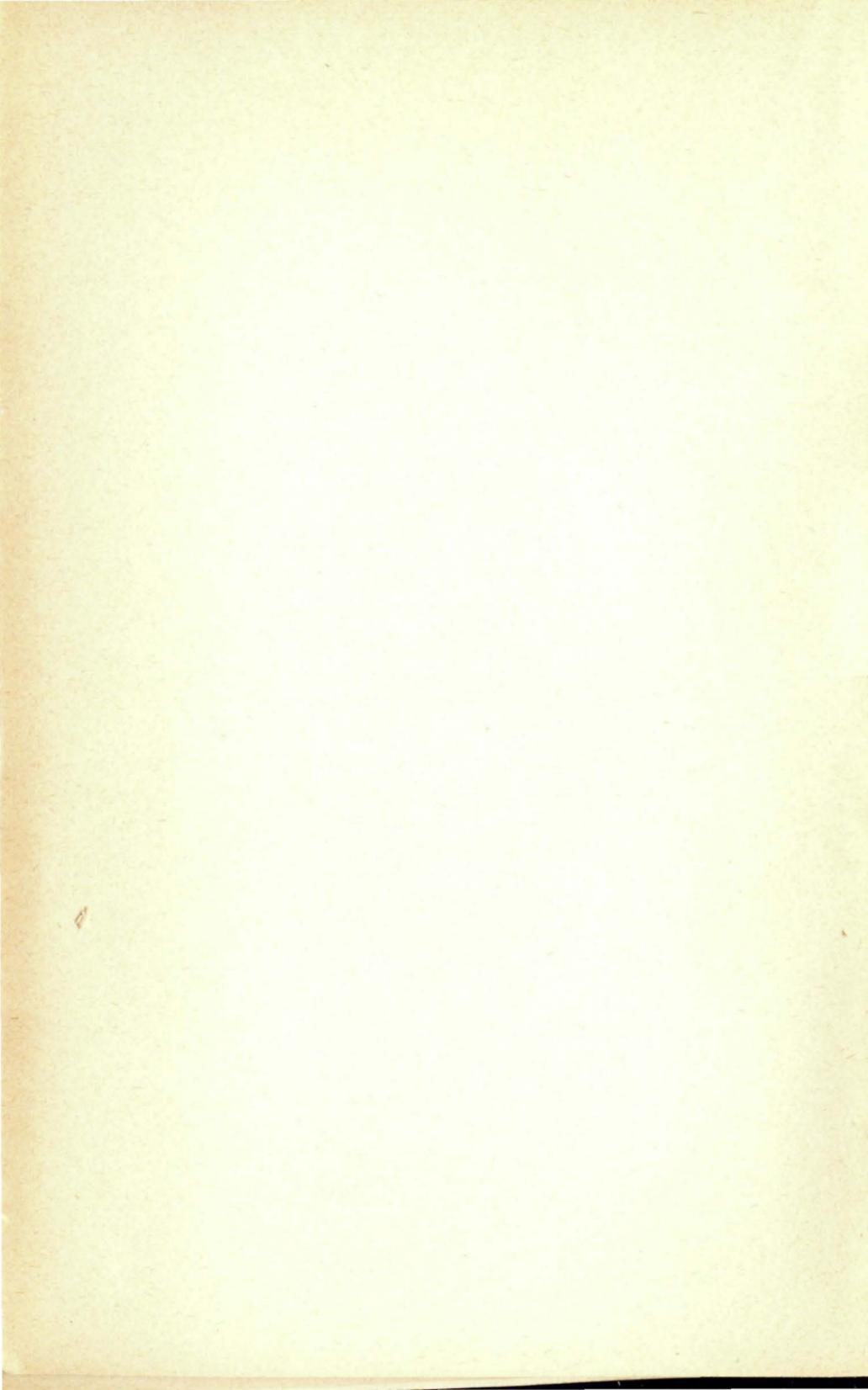
GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA

(a cura di P. VINASSA DE REGNY)



I.

GENERALITA'



La Geologia ha lontane origini nella storia della scienza: col suo nome attuale però comparve già qualche secolo or sono col titolo: *Geologia, sive de fossilibus*. A quell'epoca il nome di fossile non era, come oggi, esclusivamente adoprato per indicare gli avanzi o le tracce organiche, vegetali o animali, contenuti negli strati terrestri anteriori alla più lontana storia umana, ma si riferiva a qualsiasi cosa si trovasse scavando nella terra.

Per lungo tempo geologia, cosmogonia, struttura immaginaria della terra nel suo interno si confusero. Le cognizioni erano limitate e in ragione inversa erano sproporzionate le deduzioni, i filosofeggiamenti basati sulle poche cognizioni e la tradizione degli antichi scienziati. La questione dell'interno terrestre era assai viva: la maggioranza però degli studiosi nel Medio Evo, salvo Dante, ammetteva che esistesse un fuoco centrale, da cui partiva un fiume, ugualmente di fuoco, il Piroflegetonte: i vulcani erano le valvole di sicurezza, gli sfiatatoi di questo nucleo di fuoco. La credenza nel fuoco centrale continuò sino a pochi lustri or sono, ed in qualche Museo geologico non è difficile trovare delle tavole a colori ove la Terra è sezionata e tutta rossa di fuoco al suo centro.

Le moderne ricerche hanno dimostrato che la Terra al suo centro è invece pesantissima, e la nuova ipotesi scarta il fuoco centrale, il nucleo gassoso etc., e per un complesso di dati di fatto oggi acquisiti, tra cui l'anda-

mento delle onde sismiche e l'analogia colle meteoriti, ammette invece un nucleo metallico, principalmente costituito da Ferro e Nichelio.

La nuova ipotesi spiega molte cose dapprima inesplicabili e sussisterà sinchè non verranno nuove cognizioni a far cambiare questa nostra idea; continuandosi così l'eterno lavoro di Sisifo della scienza e degli scienziati; punizione certo all'orgoglio umano, che volle gustare l'albero della scienza per farci uguali al Creatore, ma insieme anelito inestinguibile a conoscere la Verità, che non si può raggiungere se non nel mondo metafisico, in Dio.

Nei tempi più recenti si ragionò con più calma, si rinunciò a parlare delle « viscere della Terra » inaccessibili alle nostre ricerche. Noi difatti possiamo conoscere, per conoscenza diretta, poco più di 5-6 km. di spessore. Ora il raggio terrestre oltrepassa i 6000 km. Non si tratta dunque di « viscere della terra » ma appena appena della sua epidermide più superficiale. Gli studi geologici si riportarono in modo speciale a questa epidermide. Risultò che i vulcani, questi spiragli paurosi che dovevano essere in contatto col fuoco centrale, erano invece focolari superficialissimi, a poche migliaia di metri di profondità. Risultò anche che le grandiose montagne, che a noi piccoli uomini fanno tanto effetto, non sono che leggerissime increspature della epidermide, paragonabili, in rapporto alle dimensioni della Terra, a quelle leggere scabrosità che si trovano sul guscio di un uovo. Ci si persuase dunque di una grande verità: che cioè la Terra, anzi l'Universo, può essere misurato dall'Uomo, ma non secondo misura umana.

La Geologia è la più vasta e comprensiva tra le scienze naturali. Essa è la sola che da un lato dia la mano alla materia inanimata, minerale e roccia, e dall'altra alla materia organizzata dalla vita. Da ciò la impossibilità oggi di signoreggiare interamente tutta la scienza geologica. E pertanto dalla Geologia si sono scissi numerosi

rami sia nel senso abiologico, sia nel senso biologico. E parecchi di questi rami a loro volta hanno dato origine a nuovi capitoli di scienza. Così la Geografia fisica, uno dei rami più importanti della Geologia in senso lato, ha oggi dei veri e propri compartimenti autonomi, come la Geodinamica esterna ed interna; e nella Geodinamica esterna troviamo l'Oceanografia, la Meteorologia etc.; nella Geodinamica interna la Vulcanologia, la Sismologia (studio dei terremoti); connessa alla natura delle rocce è la Morfologia. Più prettamente geologiche sono la Stratigrafia, studio della ripartizione e successione dei vari strati che compongono la crosta terrestre, la Tettonica, che ne studia la loro disposizione geometrica etc.

Nel campo paleontologico la Paleontologia stratigrafica studia i fossili come documenti storici, base della stratigrafia. Nel campo biologico assume oggi importanza la Paleobiologia. Dal complesso delle cognizioni acquisite nasce la possibilità di fare anche della Paleogeografia. Svariatissimi poi sono i capitoli della Geologia applicata e pratica, dei quali diremo più avanti.

La Geologia e la Paleontologia sono andate sviluppandosi di pari passo: esse hanno del resto una comune caratteristica: sono storia.

La Geologia, storia della Terra: la Paleontologia, storia della Vita. Entrambe hanno le loro origini avvolte nel mistero, poichè vi è una preistoria della Terra come una preistoria della Vita, su cui ben poco sappiamo, e su cui forse siamo destinati a non aver mai documenti o ragguagli dalla scienza detta positiva.

L'analogia colla storia umana è grandissima anche per altre ragioni. Sono ad esempio conosciute nella storia le grandi invasioni, le migrazioni dei popoli. I sopraggiunti sommergono e spesso distruggono i predecessori. Lo stesso avviene nella storia della Terra, quando si producono le ingressioni o le regressioni marine. Là dove prima era terra asciutta, continente, arriva il mare o vice-

versa. Intere masse di viventi scompaiono, sostituite da altri viventi.

La storia della Terra si può ridurre alla storia di questi spostamenti di livello marino, di emersioni o di sommersioni. Quando un'invasione umana si ritrae o scompare lascia però sempre traccia del suo passaggio. Altrettanto vediamo nelle pagine della storia terrestre, ove ogni cambiamento di livello, ogni mutazione di viventi è segnata più o meno chiaramente.

Poichè dunque Geologia e Paleontologia sono scienze storiche, così nel loro studio si usa lo stesso metodo che adoperano gli storici per la storia umana. Non vi è differenza molto notevole nel metodo di ricerca tra quello che è accaduto due o tremila anni or sono, e quello che avvenne due o tremila secoli prima di oggi.

La storia si fonda in modo speciale su documenti. Ed è appunto quando si sono ricercati e ritrovati i documenti che la storia ha potuto avvicinarsi di più alla verità. Anche la tradizione può servire alla storia, sebbene sia pericolosa per la scienza positiva. Tradizioni si possono avere anche nella storia geologica, purchè recente o meglio recentissima, di poche decine di secoli or sono. Moltissimi miti della antichità umana più remota sono miti geologici. Prometeo incatenato, che scuote la terra, è il mito del terremoto; Polifemo monoculo è il cratere vulcanico infuocato ecc.

Come i documenti storici sono spesso incompleti o poco sicuri, così è pei documenti geologici e paleontologici.

Ecco perchè è necessaria anche nelle scienze geologiche quella che gli storici chiamano *critica delle fonti*. E' necessario cioè saper sempre giudicare esattamente se il documento, roccia o fossile, sia in condizioni tali da presentare sicurezza di giudizio.

Una delle maggiori cause di errore sono i palimsesti, geologici e paleontologici, i quali, analogamente ai palimsesti storici, sono documenti nei quali l'antica scrittura è

stata cancellata per essere sostituita da una posteriore. Ora si hanno dei fossili che sono appunto documenti difficili a leggere e che vanno soggetti a critica. Ad esempio anche oggi nelle sabbie dell'Arno a valle di Pontedera, si trovano delle conchiglie marine. La ragione è facile a scoprire, oggi. Poichè le sabbie del fiume sono strappate e convogliate dalle acque a spese dei depositi antichi, pliocenici marini delle colline pisane. In queste sabbie sono compresi dei fossili, naturalmente marini, che essi pure sono convogliati all'Arno dalle acque dei rii e dei torrenti. Ciò che avviene oggi per i fossili *rimaneggiati*, come si dice, delle colline pisane avvenne anche nel passato. Solamente che per il caso odierno dell'Arno la spiegazione è facile, mentre per i periodi più antichi le condizioni sono più difficilmente indagabili. Comunque sempre si può rilevare che i fossili così rimaneggiati sono più corrosi, spesso rotti, colle ornamentazioni mancanti o frammentarie; e spesso anche, aderente ai fossili rimaneggiati, resta qualche pezzetto della roccia originaria e diversa da quella nella quale i fossili rimaneggiati si trovano inglobati. Su questo speciale argomento della fluitazione dei fossili ha scritto il Cortese.

La critica di questi documenti permetterà dunque di rettamente giudicarli, e ci impedirà di trarre delle conclusioni erranee.

Palimsesti sono anche, ad esempio, le rocce così dette cristalline, trasformate per grande pressione e calore nella profondità degli strati. Tali rocce in generale sono scistose, cioè a straterelli più o meno sottili, come gli gneiss, i micascisti (le così dette bèole alpine). La pressione e il calore trasformano le rocce e ne risulta un tipo analogo, anche se originariamente erano ben diverse. Così, mentre prima si consideravano gli gneiss tutti quanti come tipi di graniti laminati, e quindi come rocce derivate da masse eruttive, oggi sappiamo che esistono tipi gneissici derivati da rocce sedimentarie, cioè depositate nelle acque. Basta

l'accenno a dimostrare quale importanza abbia anche in questo caso la critica del documento.

E' diffusissimo un altro errore nel pubblico, mediocrementemente colto. Quando si trovano dei fossili marini nelle alte montagne a 2000, 3000 metri è facile udire la frase di meraviglia: « Fin quassù una volta era mare ! ». Come se i fossili e la roccia entro cui stanno fossero ancora il fondo di mare, il litorale in posto. Non sino a quell'altezza è giunto il mare. Invece sino a quell'altezza, nei corrugamenti e negli spostamenti della crosta terrestre, sono stati spinti i depositi che una volta erano sotto le acque marine.

In Paleontologia si adopra anche un altro metodo storico umano, l'epigrafia. Un epigrafista sa come completare una vecchia iscrizione mutila con le così dette formule stereotipe; cioè con quelle formule, spesso abbreviate, che si trovano nelle iscrizioni di un determinato periodo. Così il paleontologo avendo a disposizione un fossile incompleto spesso riesce a completarlo idealmente, ricostruendolo su basi dedotte dall'analogia con altri tipi.

Tutta questa parte critica, che faceva difetto ai più antichi studiosi, ha oggi ricevuto la considerazione che merita nei più recenti trattati di geologia e paleontologia.

L'Italia possiede dei buoni trattati, tra cui citiamo i due bei volumi dell'Issel, di facile lettura per la chiarezza con cui sono scritti; il trattato del Parona (in due edizioni) che ha il grande merito di aver preso i suoi esempi da terreni italiani. Di indole più divulgativa è la « Terra » edito dalla U. T. E. T. che non ha lesinato nella parte illustrativa veramente ben riuscita e molto ricca.

Inarrivato e forse inarrivabile, come opera di divulgazione chiara, attraente e, per l'epoca in cui fu scritto, esattissimo è il *Bel Paese* dello Stoppani, nel quale i più importanti aspetti geologici e morfologici dell'Italia sono presentati ad un pubblico ignaro da un grande scienziato. Una nuova edizione aggiornata dell'opera ha visto recentemente la luce, corredata da numerose illustrazioni.

Ha intenti volgarizzatori anche il recente volume di una collezione Hoepli che tratta un interessante argomento, l'età della Terra, su cui le opinioni hanno molto variato, fermandosi oggi sui criteri, assai labili essi pure, della radioattività.

Di Paleontologia possiamo citare il volumetto del Cantalamessa sui fossili, quello del Di Poggio sui fossili vegetali, e il Manuale Hoepli di Paleontologia di cui furono fatte due edizioni.

Denso di dati di fatto e di considerazioni originali è il trattato di Geologia morfologica del Rovereto, in due volumi bene illustrati, del quale si parlerà anche nel capitolo dedicato alla Geomorfologia.

Non è qui il caso di trattare ulteriormente di nozioni geologiche e paleontologiche, che ogni lettore colto può conoscere o che facilmente può rilevare da qualche enciclopedia o da taluno dei più elementari trattati di cui ho detto. Basterà riassumere brevemente i fondamenti geologici e paleontologici che renderanno più facilmente comprensibili quanto andremo esponendo in seguito.

Per *fossile* si intende ogni avanzo organico od ogni traccia di organismo (ad esempio impronte di piedi etc.) rinvenute negli strati terrestri anteriori alla storia umana. Quando l'uomo compare sulla Terra la Paleontologia ha terminato la sua funzione.

Animali e piante fossili raramente sono conservati integri: esempio di fossili integri sono i mammut, elefanti pelosi della regione artica, che da secoli e secoli si sono conservati nei ghiacci. Il più delle volte però si hanno solo scheletri o gusci, conservati sia nella loro natura originaria, sia in modello; per riempimento, ad esempio, del vuoto lasciato dall'animale o dalla pianta scomparsi. La sostituzione delle parti originarie può avvenire lentamente, ad esempio per effetto della silice, e in tal caso resta spesso integra la struttura dell'organismo, rendendo possibili anche ricerche microscopiche sui tessuti. Ma casi

di questo genere son rari, e il più delle volte il paleontologo ha a sua disposizione solamente porzioni o frammenti dello scheletro o delle parti solide dell'organismo fossile. Da ciò si vede come si debba andar guardinghi nell'adoperare questi documenti storici, e come spesso possano venire avvicinate forme simili nell'avanzo fossile, le quali, da vive, potevano essere molto diverse tra loro negli organi che non si sono conservati.

Inoltre parecchi organismi del passato, anche se muniti di parti solide, non si sono affatto conservati, mentre se ne sono conservati altri che erano in loro compagnia. Da ciò la difficoltà di giudicare un complesso di faune o di flore, che oggi appaiono ad esempio ricche di avanzi di certi tipi, mentre forse in vita potevano esser predominanti altri tipi. Inoltre si deve pensare ai miliardi e miliardi di anni passati dall'origine della vita ad oggi. Naturalmente degli organismi antichissimi soltanto pochi sono giunti a noi come fossili e spesso assai mal conservati: quantunque la conservazione non sia un criterio giusto per stabilire l'età: si hanno spesso fossili recenti mal conservati in confronto di altri più antichi.

Comunque anche con tali lacune la Paleontologia serve di documento alla Geologia, in quanto si è potuto constatare che forme simili o identiche si trovano a distanze grandissime tra loro, ma sempre la loro successione nel tempo è costante. Da ciò il principio fondamentale nella geologia e paleontologia stratigrafica, che terreni i quali contengono lo stesso complesso di fossili, animali o piante, sono coevi. Ma anche qui occorre intenderci. La contemporaneità non è assoluta, cioè dello stesso anno o dello stesso secolo. Solo sta il fatto che gli strati si succedono nello stesso ordine con gli stessi fossili, in qualunque punto della terra che noi conosciamo. E' un po' quello che succede nella storia umana: poichè accanto alla nostra civiltà, spasmodicamente meccanizzata, si trovano tuttora

popolazioni selvagge, che sono rimaste all'età della pietra o poco più.

La Geologia stratigrafica o cronologica ha fatto progressi solo quando potè servirsi dei fossili come documento storico, cronologico. Lo sviluppo degli strati terrestri andò di pari passo collo sviluppo della vita. Da ciò risulta che solo per gli strati cosiddetti *sedimentari*, formatisi cioè per lo più in seno alle acque, per successiva deposizione di materiale, si può ricorrere alla Paleontologia. E questa è stata utilissima quando gli strati terrestri hanno subito delle dislocazioni, dei cambiamenti cioè nella loro posizione assoluta e reciproca. Difatti (e la Tettonica studia queste dislocazioni) assai spesso gli strati non si trovano sulla Terra nella loro posizione originaria. Se non ci fossero dislocazioni la stratigrafia sarebbe facile. Lo strato più profondo sarebbe naturalmente più antico degli strati soprastanti. E invece talvolta si hanno rovesciamenti tali che il più recente è lo strato più profondo. In tal caso la Paleontologia dà la prova più sicura.

Nelle rocce eruttive, sia profonde, come le *plutoniche*, sia effusive, come le *vulcaniche*, i fossili naturalmente mancano. E allora l'età di queste rocce è più difficile da determinare, ed è solo possibile con sicurezza là dove esse si trovano intercalate, sottostanti o sovrastanti a rocce sedimentarie di età sicura.

Le rocce sedimentarie, depositate specialmente nelle acque, per effetti meccanici, chimici o biologici sono caratterizzate da una successione nel tempo; cioè le porzioni inferiori di una massa sedimentaria normale sono più antiche delle porzioni superiori. In ciò si distinguono dalle rocce eruttive che sono formate contemporaneamente in tutta la loro massa. Il più delle volte le rocce sedimentarie sono disposte in *strati*, cioè in porzioni di spessore variato comprese tra due superfici, una superiore e una inferiore, praticamente parallele. Normalmente quando uno strato si deposita, assume una disposizione orizzontale, come fa

sempre una massa solida che si separa da un liquido. Ma l'architettura della Terra di rado è formata di strati orizzontali. Il più delle volte lo strato si presenta inclinato, o anche incurvato in una piega. Questa ha il nome di *anticlinale* se ha la convessità volta in alto, a gobba, e *sinclinale* se invece è concava verso l'alto, a conca. Talvolta la roccia è fratturata, e la frattura può presentare un dislivello tra una parte e l'altra attorno alla linea di frattura; si ha allora la *faglia*. Molte pieghe, per effetto dell'energia della spinta che la roccia ha subito, si fratturano: si ha allora una *piega-faglia*. E quando le varie parti fagliate di una serie di pieghe si accavallano, si ha una struttura *embriciata*, così detta per analogia colle tegole dei nostri tetti. Si conoscono anche spostamenti immensi di rocce, che si estendono e ricoprono per chilometri altre preesistenti. Sono i cosiddetti *carreggiamenti*, dei quali si tornerà a dire nel capitolo dedicato alla Geologia alpina.

In base ai fossili principalmente, o alle condizioni di giacitura delle rocce si può fare la storia cronologica della Terra dividendola in grandi Evi, di una durata però enormemente lunga in confronto a quelli della storia umana.

I periodi terrestri principali sono relativamente pochi. Come vi è una preistoria umana, vi è, come ho detto, una preistoria geologica. E' il periodo oscuro della prima consolidazione della crosta terrestre, prima che di essa si impossessasse la vita. E' l'Era *Archeana* o *Azoica*. Viene poi la Storia antica, il *Paleozoico*: l'era dei primi viventi. In esso possiamo supporre l'esistenza di un lungo periodo, durante il quale la vita si affermò senza però lasciarci tracce, e che può dirsi dell'*Agnotozoico*, cioè dei viventi sconosciuti e probabilmente sempre inconoscibili. Seguono poi i periodi, con fossili ben distinti e di quasi tutte le classi, che si comprendono (dal basso all'alto) col nome di *Cambriano* e *Siluriano*. Col successivo *Devoniano* compaiono i pesci, poi nel *Carbonifero* sono ricchissime le flore e col *Permiano* si chiude il Paleozoico.

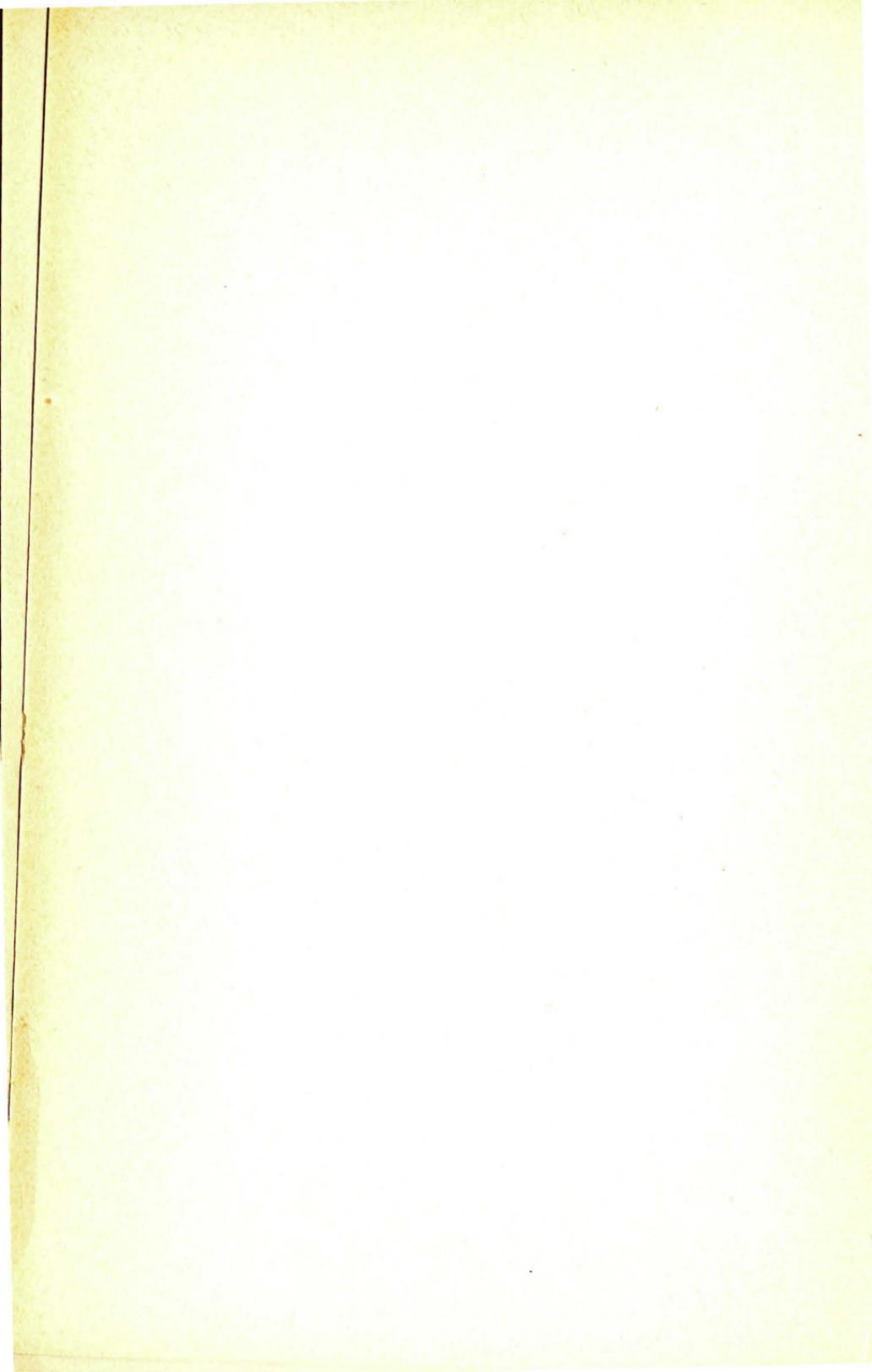
Il Medio Evo della Terra è il regno dei Rettili e comprende tre periodi: il *Trias*, il *Giuralias* e la *Creta*. Col periodo Cretaceo scompaiono quasi del tutto i Rettili e del tutto le Ammoniti.

La storia recente comprende quei terreni comunemente detti *terziari*, nei quali predominano nel basso le Nummuliti, verso il loro termine i grandi Mammiferi. Si divide in *Paleogene* coll' *Eocene* e l' *Oligocene*; ed in *Neogene* col *Miocene* e il *Pliocene*.

Siamo così alla storia contemporanea, al *Neozoico*, all' *Olocene*; ove impera l'Uomo: si può in essa distinguere un periodo *Diluviale* o glaciale, e un periodo, il nostro, l' *Alluviale*.

Diamo qui in forma tabellare la classificazione dei terreni, aggiungendovi anche i nomi delle principali suddivisioni, dai più recenti ai più antichi.

Neozoico o Quaternario		{	Attuale				
		{	Alluviale	- Postglaciale			
		{	Diluviale	- Glaciale			
		{	Pleistocene				
Cenozoico o Terziario	{	<i>Neogene</i>	{	Pliocene			
			{	Miocene			
	{	<i>Paleogene</i>	{	Oligocene			
			{	Eocene			
Mesozoico o Secondario	{	<i>Cretaceo</i>	{	Sopracretaceo			
			{	Infracretaceo			
			{	Malm			
	{	<i>Giuralias</i>	{	Dogger			
			{	Lias			
			{	Retico			
Paleozoico o Primario	{	<i>Trias</i>	{	Juvarico			
			{	Ladinico			
			{	Virgloriano			
			{	Werfeniano			
			{	<i>Permiano (Antracolitico)</i>			
	{	<i>Carbonifero</i>	{	<i>Devoniano</i>			
					{	<i>Siluriano</i>	Ordoviciano
							{
Agnotozoico	(<i>Precambriano</i>					
Azoico	(<i>Archeano</i>					



II.

GEOLOGIA GENERALE E DESCRITTIVA



Passiamo ora brevemente in rassegna i lavori più importanti di Geologia generale e stratigrafica che videro la luce in Italia negli ultimi quarant'anni. Naturalmente è impossibile parlare di tutti, e nemmeno sarà possibile evitare il criterio soggettivo di scelta nelle citazioni. Comunque spero che da questo riassunto il lettore potrà farsi un'idea dell'imponente massa di lavoro dovuto ai geologi italiani, e non solo in Italia ma anche in regioni estere entro e fuori d'Europa.

La bella e ricca bibliografia geologica e paleontologica italiana pubblicata in occasione del Congresso geologico internazionale del 1881 a Bologna, cita, divise per regioni, oltre 6500 note e memorie relative ai terreni italiani. E la sua continuazione nel Bollettino del R. Ufficio geologico ne indica qualche altro migliaio sino al principio del secolo. Tra gli autori più noti ed a cui più dobbiamo, come quelli che hanno posto le basi delle attuali conoscenze, basterà ricordare, per il Piemonte e le Alpi piemontesi, il Baretti, il Collegno, il Gastaldi, il Pareto e soprattutto il Sismonda. Per la Liguria il Capellini, che professore a Bologna nel 1861 portò per primo in Italia nuove idee e nuove concezioni che poco a poco si fecero strada; poi l'Issel e ancora il Pareto e il Sismonda.

Per il Veneto l'Arduino, il Catullo, il Fortis e il Da Rio tra i più antichi, e tra i più recenti il De Zigno e il Taramelli.

Per la Lombardia il grande Brocchi, poi il Balsamo-

Crivelli, il Curioni e più recenti lo Stoppani e il Taramelli.

Sulle provincie toscane e apuane scrissero il Pilla, il Capellini, il Meneghini, il Savi, il Lotti e più che altri con ampia visione il De Stefani.

La Geologia dell'Italia centrale fu trattata dal Brocchi, dal Ponzi, dal Bianconi, dallo Spada-Lavini, dallo Spallanzani, e più recentemente dallo Scarabelli, dal Capellini, dal Canavari.

Nell'Italia meridionale lavorarono il Pilla, il Costa, il De Luca, il Tenore, il Guiscardi, il Monticelli; poi lo Scacchi, il Palmieri, il De Giorgi e ancora il grande e multiforme Spallanzani.

La Sicilia coll'Etna ebbe illustratori valenti nei due Gemmellaro, poi nell'Aradas, nel Maravigna, nel Silvestri.

Per la Sardegna è nota l'opera monumentale del Lammarmora ristampata recentemente.

A questa pleiade di autori illustri del secolo scorso si aggiungono ancora nuovi nomi di geologi più recenti; alle migliaia e migliaia di note e di memorie altre migliaia se ne aggiungono dopo il 1900.

Cominceremo dal considerare i lavori d'indole generale, che non sono molti, per passare poi a quelli descrittivi e stratigrafici divisi per regioni.

Nel campo della Geologia generale due questioni, importanti anche dal punto di vista pratico, si agitano tuttora: quella sull'origine dei petroli e quella sull'origine delle acque termali profonde.

Dopo che per un po' di tempo, in seguito alle esperienze del Moissan, l'ipotesi sull'origine chimica del petrolio dall'azione dell'acqua sui carburi pesanti ebbe un periodo di voga, oggi l'enorme maggioranza dei geologi propende per l'origine organica, cioè ammette che in certe condizioni la materia organica sepolta nelle masse argillose (le *sapropeliti*) possa distillare dando origine a prodotti combustibili gassosi, liquidi e solidi.

Forse unico tra i geologi italiani a sostenere ancora

L'idea della origine inorganica è rimasto il Sacco, che ha confermato questa sua opinione anche di recente.

La questione delle acque più o meno calde sgorganti alla superficie naturalmente o artificialmente in seguito a perforazioni ha pure una grande importanza non solo scientifica ma anche pratica.

Parecchi sostengono ancora che tutte le acque sotterranee siano di origine meteorica, e che il riscaldamento che in talune di esse si nota sia solo dovuto al maggior calore che si ha in profondità, per effetto del cosiddetto gradiente geotermico, sul cui valore però molto vi è da dubitare. Questa ipotesi, in molti casi, come nelle acque termali africane quale è quella di Ghadames, non si sa come possa essere sostenuta dovendosi ammettere l'arrivo di acqua a pressione da centinaia e centinaia di chilometri di distanza.

Alcuni in Italia, accettando delle più moderne teorie specialmente nord-americane, hanno a questo proposito altri concetti. Essi ammettono che per tali acque si debba invocare la produzione continua di vapore da parte di masse vulcaniche profonde in progressivo raffreddamento. Tale ipotesi rende conto della presenza di acque calde salienti anche in regioni di scarse o nulle precipitazioni di acqua esterna. Tali acque hanno ricevuto il nome di acque giovanili o acque fossili, e sono contenute senza il più piccolo dubbio in tutte le soluzioni silicate, come sono i *magmi*, cioè le masse eruttive profonde, non venute mai alla superficie, e che si raffreddano lentamente in profondità. Ammettere questa nuova ipotesi ha praticamente grande interesse poichè fa supporre una quasi assoluta inesauribilità di questa sorgente acqua vulcanica, là dove siano sommerse grandi masse eruttive, come ad esempio nella Libia interna.

Di altre grandi questioni geologiche generali pochi da noi si sono occupati ex professo. Ma non mancano lavori accurati sull'ipotesi della migrazione dei continenti, sull'età della Terra, sull'eventuale spostamento dei poli

etc. Vedremo a suo tempo quello che gli italiani hanno fatto in rapporto alle nuove ipotesi tettoniche.

D'indole generale fu una polemica sui rapporti tra le precipitazioni atmosferiche e l'attività del Vesuvio e dell'Etna cui presero parte il De Lorenzo, lo Stella - Starabba che ne sostennero le validità, analogamente a quanto venne osservato nelle Hawaii, ed il Semmola che negava ogni dipendenza.

Possiamo anche elencare, tra i lavori di indole generale, quelli relativi al glaciale italiano. Monterin, Sacco, Merciai, Nangeroni ed altri si sono occupati alacramente dei ghiacciai italiani, dei loro spostamenti e delle loro caratteristiche. Un bel lavoro sintetico sull'epoca glaciale in Italia è opera dell'infaticabile geologo che fu il Taramelli. Finalmente notizie sugli studi glaciologici in Italia con una ricca bibliografia si debbono al Sacco.

Da qualche tempo si è avuto anche un risveglio negli studi sul Quaternario, per opera principalmente di A. C. Blanc, che con grande competenza ed accuratezza si occupa di correlazioni tra terreni italiani, di fissare i limiti di spiaggia etc. Sebbene questi ultimi lavori siano piuttosto di geografia fisica, come altri analoghi del Merciai, pure vanno qui ricordati perchè contribuiscono naturalmente alla conoscenza dei nostri terreni recenti. Per ciò che si riferisce all'importante fenomeno del terrazzamento, che è piuttosto argomento di morfologia e di geografia fisica che non prettamente geologico, ci limitiamo a rimandare alla Bibliografia del Gortani (1) nell'argomento.

Terminata così la rapida rassegna delle opere a tipo generale iniziamo quella, assai più ampia, della geologia stratigrafica e descrittiva delle singole regioni.

Le descrizioni dei terreni, sia comprensive sia limitate

(1) GORTANI M.: *Bibliografia dei terrazzi marini e fluviali d'Italia* - Comit. naz. per la Geografia - Imola - Galeati, 1931.

a determinati periodi, sono note nella nostra letteratura geologica sino dagli albori della nostra scienza, e talune sono, anche oggi, un esempio di chiarezza e di retta visione dei fenomeni geologici.

Cominceremo la nostra per necessità succinta rassegna dalle Alpi e dalle regioni orientali.

Le tre Venezie sono tra le regioni più studiate e illustrate d'Italia. Anche prima della guerra, per merito della scuola geologica di Firenze diretta dal De-Stefani, valorosi geologi hanno illustrato alcune regioni dalmate come il M. Promina studiato dal Dainelli, l'isola di Lissa studiata dal Martelli, le coste dalmate etc.

Importanti sono i lavori sulle Alpi e le Prealpi orientali. Il Taramelli aveva già dato alcune carte geologiche come quella del Friuli e del Bellunese. Quando il Frech scese a studiar le Carniche, in opposizione al Taramelli, vennero in Italia ripresi gli studi sulla regione per opera principalmente del Gortani e del Vinassa. Furono rilevate a nuovo le carte di confine che furono pubblicate dal Magistrato delle acque di Padova. Della regione dolomitica sono già pubblicate alcune carte dovute al Castiglioni e ad altri.

Di gruppi isolati delle nostre Alpi dolomitiche sono stati illustrati particolarmente taluni. Ad esempio sul gruppo del Civetta una monografia del Castiglioni ci dà l'indicazione dei terreni dal Permiano superiore al Lias, nonchè della complessa tettonica del gruppo e della sua morfologia. G. Dal Piazz ha studiato l'Antelao e l'altipiano del Cansiglio. Le dolomiti dello Zoldano hanno avuto un illustratore nel Leonardi. Sulle Alpi Giulie occidentali pubblicò un lavoro riassuntivo assai importante il Desio nel 1925.

Una grande esauriente monografia sulle Alpi feltrine si deve a G. Dal Piazz, che ne dà una descrizione morfologica, ne specifica i vari orizzonti stratigrafici con un gran numero di particolari studiati con somma accuratezza.

Delle carte del Veneto fu pubblicato dal Magistrato delle acque il foglio Verona dovuto al Fabiani. Il foglio Pontebba fu rilevato e illustrato dal Gortani e Desio. I fogli Peschiera e Mantova, sempre del Magistrato delle acque, vennero rilevati e illustrati dal Cozzaglio. Il foglio Pisino è dovuto al D'Ambrosi, quello di Udine al Feruglio, quello di Maniago alla Zenari. Il Sacco pubblicò la carta geologica dell'Istria nel 1923 accompagnata da uno schema geologico, e da note descrittive nella memoria della Carta geologica d'Italia.

Numerose brevi note del Taramelli hanno continuato sin quasi alla sua morte l'attività del Maestro rivolta a queste regioni.

Sui Lessini e sulla regione del Pasubio scrisse il Fabiani studiandone la idrografia. Sulla regione tra il Brenta e il lago di S. Croce abbiamo una esauriente trattazione di G. Dal Piazz che illustra il Feltrino con la descrizione dei terreni dal Permiano all'attualità e ne spiega la Tettonica. Il Friuli è stato ampiamente studiato, come risulta dalla bibliografia del Gortani (1). Un importante lavoro sulle prealpi friulane è dovuto al Dainelli, che ne illustra la struttura relativamente poco complicata. Mentre le prealpi tra l'Isonzo e l'Arzino sono studiate dal Feruglio che ne dà un'ampia descrizione.

L'amplissima monografia geologica e paleontologica del Dainelli sull'Eocene friulano è fondamentale per la conoscenza di questo periodo nel Friuli, tanto per quanto concerne le condizioni geologiche, quanto per la grande quantità di fossili descritti e figurati.

Dopo di lui si sono occupati del Terziario veneto, lo Stefanini e il Fabiani, essi pure con larghe e documentate trattazioni. Lo Stefanini tratta in un'ampia monografia dei terreni neogenici, mentre il Fabiani illustra quelli

(1) GORTANI M.: *Bibliografia geologica del Friuli (1737-1905)* - Boll. Soc. geol. it. XXV, 2 - Roma, 1906.

paleogenici, formando così insieme una compiuta illustrazione di tutto il Terziario.

Per quanto riguarda la geologia delle Alpi trentine rimandiamo allo speciale capitolo sulla geologia alpina.

La Lombardia col lombardo Canton Ticino ha avuto i suoi illustratori più antichi nel Curioni, nel Cornalia, nello Stoppani e più recentemente nell'attivissimo Taramelli, a cui si deve la prima e completa illustrazione del Canton Ticino con carta geologica. Oggi del Canton Ticino si occupano in modo speciale geologi della Svizzera tedesca.

Sul Bresciano ha lavorato il Cacciamali che ha portato nelle sue ricerche il concetto dei carreggiamenti sebbene limitati. Sui terreni recenti scrisse il Cozzaglio. Sulla regione del Lambro ha dato interessanti notizie un modesto studioso, il Caccia. Per la provincia di Bergamo abbiamo una abbastanza buona carta del Varisco, pubblicata però sino dal 1881. Della provincia di Varese ha fatto il rilievo geologico dandone ampia illustrazione il Nangeroni. E il Repossi ha numerose e importanti note sulla Brianza.

Di assai maggior interesse sono però le memorie del Desio e del Porro. Il Desio presenta un'estesa monografia geologica e paleontologica sul M. Albenza corredata da carta e da figure. Il Porro poi, allo scopo di correggere numerosi errori di fatto e di giudizio commessi da taluni giovani geologi olandesi venuti a studiare le nostre regioni, non ostante la sua età, è tornato a rivedere le regioni da lui rilevate da giovane, ed ha raccolte le sue importanti osservazioni in un'ampia ed equilibrata memoria che farà testo per molto tempo ancora.

Il Sacco nei suoi studi su tutto l'Appennino ha pure studiato la regione di esso più settentrionale nonchè i terreni recenti della Val padana su cui ha dato ampi ragguagli.

Finalmente ricordiamo quella che può considerarsi la sintesi dei numerosi studi sulla provincia di Pavia, cioè

la carta geologica del Taramelli corredata da un'ampia memoria illustrativa, che è una vera miniera di dati sulla regione.

Procedendo sempre per regioni ed escludendo i lavori recentissimi sulla tettonica alpina di cui si parlerà, come si è detto, in apposito capitolo troviamo per il Piemonte, dopo gli studi fondamentali del Sismonda, del Baretti etc. del secolo scorso, valorosi geologi che si sono occupati della regione piemontese collinare e di pianura tra cui con numerose memorie su argomenti svariati primeggia il Sacco, che ha pure illustrato regioni speciali come il Biellese ed ha redatto la illustrazione dei fogli geologici al 100.000 della Carta geologica d'Italia che comprende il bacino terziario del Piemonte. Sul quale bacino terziario si hanno numerose altre note o memorie, dato il suo interesse geologico e paleontologico, le quali è assolutamente impossibile enumerare tutte.

Pei terreni più recenti e per le illustrazioni della Valle Padana la regione piemontese va unita a quella lombarda.

Una interessante descrizione dell'anfiteatro morenico di Rivoli si deve al Prever. E di altre località piemontesi non mancano descrizioni dei fenomeni glaciali del passato dovuti al Prever, ma più che altro al Sacco, il quale ha esteso le sue ricerche a tutto il Piemonte ed anche alle Alpi venete ed a quelle occidentali e liguri.

Dobbiamo finalmente ricordare qui uno studio del Boni, di cui per ora è pubblicata solo una prima parte. Si tratta di uno studio comparativo tra il bacino neogenico ligure-piemontese e quello classico di Vienna. Lo studio promette di dare importanti risultati.

La Liguria in parte è compresa negli studi geologici sul Piemonte, ma su di essa si hanno anche notevoli monografie generali e speciali (1). Le più antiche memorie del Pareto, dell'Issel restano pur sempre fondamentali.

(1) FRISONI A.: *Saggio di una bibliografia scientifica della Liguria* - Genova - Ciminago, 1916.

Nuove idee ha portato, specialmente per il Savonese, il Rovereto che per primo ha introdotto il criterio del carreggiamento per questo massiccio non solo, ma anche per altre regioni liguri. Queste nuove idee sono state anche applicate alla regione apuana, specialmente da parte di geologi forestieri. Ma pur tuttavia le memorie del Capellini, dello Zaccagna e del De Stefani in modo speciale son pur sempre la base da cui si deve partire per le nuove concezioni.

Appunto la regione ligure col suo estremo meridionale ci collega alle Apuane ed alla Toscana coi suoi Monti Pisani e la Catena metallifera.

Sulle Apuane, come si è detto, primeggiano i lavori dello Zaccagna, che al loro studio ha dato la maggiore e miglior parte della sua vita instancabile di geologo rilevatore. A lui si deve la bella carta al 25 mila del gruppo montuoso pubblicata dall' Ufficio geologico e la bellissima descrizione geologica del sistema. Dei fenomeni glaciali nelle Apuane si è occupato il Merciai, che vi ha messo in evidenza rocce striate e depositi morenici. Il Masini ha studiato in modo speciale le morene della Valle Scesta e della Turrite di Gallicano.

Tra i più accurati e laboriosi illustratori della Toscana troviamo il Lotti. Numerose sue note hanno poi avuto il loro coronamento nella carta geologica al 100.000 dell' Ufficio geologico, e nella densa memoria descrittiva che l'accompagna. Pareva che sui Monti Pisani si fosse detta l'ultima parola, almeno per quanto riguarda le loro linee generali e fondamentali. Ma a complemento dei suoi numerosi studi parziali su questi Monti, il Fucini pubblicava nel 1924 i suoi « Studi geologici » nei quali tornava a fornire le prove, che lo avevano indotto a riferire al Cretaceo, il Verrucano ritenuto da tutti i suoi predecessori come Permiano superiore o al più Trias inferiore.

Il Fucini seguendo le sue nuove idee le ha applicate anche all'età dei marmi senesi e di quelli apuani. Contro

queste idee e confermando quelle degli antichi autori ha scritto il Masini in varie note e il Redini.

Di geologia toscana più localizzata si sono occupati parecchi. Sulla regione di Cetona il Fucini ha pubblicata una carta geologica colla relativa illustrazione. Sui Monti di Oltre Serchio, così intimamente connessi ai Monti Pisani, si ha una interessante nota dell'Ugolini, che ha pure altre pubblicazioni sulla regione toscana, come quella sui Monti livornesi e della Castellina.

Una interessante nota geologica locale è dovuta allo Stefanini sui dintorni di Orciatice e di Montecatini in provincia di Pisa.

Tra le illustrazioni delle isole toscane va ricordata la memoria del Rovereto e dell'Airoldi sull'isola di Capraia. Essi descrivono quest'isola dal punto di vista geomorfologico e petrografico e ne danno una cartina geolitologica.

Sulla regione Emiliana vari autori scrissero sino dal secolo scorso con ampie vedute, come il Capellini che pubblicò nel 1871 una carta geologica dei dintorni di Bologna e il Manzoni. Più recentemente il Pantanelli il quale sino dal 1911 si occupò dell'estensione dell'Oligocene, sino allora ignoto o mal noto nell'Appennino modenese e reggiano.

Chi portò una nota di novità fu l'Anelli con numerose note dimostrando l'esistenza nell'Appennino emiliano di nuovi terreni ed esponendo interessanti considerazioni sulle argille scagliose di età controversa. Le nuove idee si dimostrarono giuste e in parecchi punti dell'Appennino emiliano esse trovarono conferma.

Quanto alle carte geologiche già il Sacco aveva pubblicato una carta sommaria dell'Appennino settentrionale: successivamente pubblicò, illustrandole, tra le carte al 100.000 dell'Ufficio geologico, quella di Piacenza, di Fiorenzola d'Adda, di Parma, di Castelnuovo Monti, di Bologna e di Vergato.

Non mancano pure brevi illustrazioni recenti sull'im-

portante fenomeno delle salse dell' Appennino emiliano da parte del Pantanelli e del Pagani.

Nell' Umbria ha rilevato assai bene il Lotti sino dal secolo scorso, continuando poi anche successivamente. Egli ha studiato il ricoprimento di Spoleto, i dintorni di Rieti, i monti di Nocera Umbra, il Subasio; lavori tutti che dovevano servire al rilevamento della carta geologica della regione al 100 mila pubblicata dal R. Ufficio geologico, ed alla bella memoria descrittiva che l'accompagna.

Più recentemente il Principi si è assai occupato della regione con numerose note sui monti Malbe, Tezio, Subasio, Catria etc., sulle regioni di Cagli, Città di Castello, Monterchi, S. Sepolcro, Pennabilli, anch'esse destinate al rilevamento della carta geologica ufficiale.

In regioni prossime, recenti sono le note dello Scarsella, esse pure pubblicate in occasione del rilevamento della carta geologica al 100.000. Il Sacco ha illustrato per la stessa carta i fogli di Ascoli Piceno e Giulianuova.

Sul bacino del Trasimeno scrisse una interessante memoria il Ristori.

Sulla regione laziale si hanno lavori del Moderni, del Principi.

Nella Campania primeggiano naturalmente gli studi sul Vesuvio e sui campi flegrei. Gli studi sul Vesuvio si sono iniziati da secoli: ma in periodi relativamente recenti furon proseguiti dal Mercalli cui si aggiunse il Matteucci e più recentemente il Malladra. Alle numerose memorie dei più antichi geologi si uniscono poi quelle del De Lorenzo, del Simotomai, del D' Erasmo, dello Stella-Starabba sui vari crateri flegrei, studiati geologicamente e litologicamente. Sui pozzi profondi della Campania ha poi pubblicato un interessante lavoro il D' Erasmo. Due volumi delle memorie della Carta geologica d' Italia contengono, il primo, la descrizione del vulcano Laziale, il secondo quella dei Vulcani cimini, stese dal Sabatini. Dello Stromboli si è occupato in modo speciale il Platania, che

ne descrisse i fenomeni eruttivi del 1907, mentre l'Imbò fece uno studio sull'eruzione del 1930.

Sui terreni abruzzesi hanno scritto il Crema, lo Zufardi, il Principi. Il Gran Sasso, già stato studiato dal Cassetti, venne poi illustrato con una memoria dotata di carta geologica dal Sacco, il quale illustrò pure il gruppo della Maiella.

Sul Molise in modo speciale scrisse pure il Sacco, che riassunse i suoi studi in un lavoro sintetico sull'Appennino meridionale corredato da una carta geologica.

Nella Capitanata gli studi non furono eccessivi, e pure il Gargano è certo un campo assai importante. Il Checchia (1) nella sua *Bibliografia sulla Capitanata*, pubblicata nel 1924, lamenta appunto la trascuranza della regione da parte dei geologi. Anche qui troviamo tra i precursori il grande nome del Pilla, che ovunque sia stato e di qualunque regione abbia scritto ha sempre dimostrato il suo altissimo ingegno. I recenti studi del De Stefani e del Colamonico hanno dimostrato che il Gargano fa parte della massa appenninica e non ha rapporti coll'opposta sponda adriatica. A questi studiosi della Capitanata va aggiunto il Checchia - Rispoli, che, avendo notato la deficienza degli studi garganici, si è accinto con lena ad ampliarli e completarli con una serie di note che culminano nella carta geologica da lui rilevata.

Per la Lucania si hanno i lavori fondamentali del De Lorenzo che vi iniziò la sua attività sino dal 1895 e illustrò i terreni mesozoici e specialmente il Trias di Lagonegro. Al De Lorenzo si deve pure un'ampia, esaurientissima monografia del Vulture.

Sempre il De Lorenzo, che fu il più accurato e documentato illustratore della sua regione, studiò insieme al Dainelli il glaciale antico dei dintorni di Lagonegro e della Basilicata.

(1) CHECCHIA RISPOLI G.: *Bibliografia geologica e paleontologica della Capitanata* - Palermo - Tip. S. Martino, 1924.

Al Sacco si deve una compilazione d'insieme sulla Puglia ed un lavoro riassuntivo sull'Appennino meridionale.

Il Capo di Leuca venne accuratamente studiato dal Dainelli sotto il modesto titolo di appunti geologici.

Sui terreni marini pliocenici della Puglia, corredata da una carta geologica, scrisse una nota il D' Erasmo. Mentre il Crema e il Bongo hanno illustrato le salse della Calabria e delle Puglie.

La Calabria, col mirabile massiccio della Sila, ha sempre presentato un grande interesse geologico e paleontologico. La recentissima bibliografia della regione, più specialmente silana, del prof. D' Erasmo e del dott. Abbolito contiene circa 1000 citazioni (1). Questo prova quanto la regione sia stata studiata in passato e recentemente.

Sono lavori fondamentali per lo studio dei terremoti ad esempio quelli del Baratta, che ha dato anche interessanti direttive per la ricostruzione degli abitati distrutti. Sempre del lato sismico si sono variamente occupati il De-Stefani, il Taramelli, il Mercalli. Ma la massima importanza in questo campo ha lo studio del De-Stefani sulla regione calabro-peloritana corredata da carte che indicano la natura del terreno in rapporto al fenomeno sismico.

Amplissime e ancora fondamentali per la conoscenza geologica generale della regione sono la memoria del De-Stefani pubblicata nel 1884 e più che altro la grande descrizione del Cortese pubblicata nelle Memorie del Comitato geologico nel 1895, a cui poi hanno fatto aggiunte il Cortese stesso in numerose pubblicazioni, e più che altri il De-Lorenzo, che ha esteso le sue osservazioni anche alla Basilicata e le ha corredate da acute osservazioni paleogeografiche e tettoniche. Il Di Stefano ha dato un interessante complemento all'opera del Cortese per

(1) D' ERASMO E ABOLITO: *Bibliografia geologica della Calabria* - Studi Silani - Napoli - I. T. E. A., 1937.

quanto si riferisce alla Calabria settentrionale e ai dintorni di Rossano, su cui già avevano scritto il Fucini e il Greco.

Continuando il suo studio dell'Appennino anche il Sacco nel 1910 pubblicò le sue osservazioni su questa regione. Essa però anche al giorno d'oggi merita di essere più profondamente studiata per le questioni che si riferiscono ai terreni antichi cristallini, ed ai recentissimi, poichè mentre il Gignoux ad esempio ammette pei terrazzi calabresi un'origine non marina e quindi un abbassamento, lo Stefanini li considera di origine marina, e quindi ne deduce un sollevamento della regione.

La Sicilia ha avuto i suoi illustratori principi nel Gemmellaro specialmente dal punto di vista paleontologico e nel Baldacci, che in anni in cui era assai difficile viaggiare in quelle regioni, specialmente all'interno, in breve tempo riuscì a rilevare la carta geologica della Sicilia e a darne un'ampia descrizione. Essa è la base dei lavori successivi e naturalmente delle correzioni e delle aggiunte, che si debbono a numerosi altri valorosi geologi tra cui primeggiano il Di-Stefano e più recentemente il Fabiani.

Al Di-Stefano si debbono le prove della eccessiva faciloneria con cui autori esteri, che conoscevano assai superficialmente la regione, avevano esteso anche alla Sicilia i carreggiamenti a tipo alpino.

Il Fabiani e i suoi scolari hanno scoperto nuovi terreni e nuove faune, specialmente secondarie, mentre lo stesso Fabiani riusciva a dare un'esauriente illustrazione dei celebri giacimenti permiani illustrati dal Gemmellaro, e la cui scoperta fece epoca nella scienza geologica. Dei terreni più recenti si è occupato il Cipolla.

Ma la Sicilia ha il più grande vulcano d'Europa, l'Etna, che studiato accuratamente sino dai secoli scorsi ha dato occasione a una pleiade di note e memorie che sarebbe impossibile enumerare.

Le più recenti eruzioni etnee, a cominciare da quella

del 1892 e successivamente quella del 1910, che ebbe forse la illustrazione più completa da parte di un gruppo di specialisti, sono state indagate e descritte sotto tutti i punti di vista: geologico, geografico, morfologico, geodinamico.

Interessanti osservazioni sulle macalube di Agrigento si debbono al Sorrentino.

Tra gli studi sulle Isole Eolie primeggia il lavoro del Martelli sull' Isola di Ustica di cui è data anche una cartina geologica. Sullo stesso argomento tornò poi lo Stella-Starabba che potè aggiungere altri interessanti osservazioni a quelle dei suoi predecessori.

Dell'Arcipelago di Malta parlò il De-Stefani che ne descrisse accuratamente la costituzione e la struttura.

La Sardegna, l'isola metallifera nostra, è stata naturalmente ampiamente studiata dal punto di vista minerario, e di questa parte non ci dobbiamo occupare. Ma la Sardegna è importantissima anche dal punto di vista puramente geologico. Resta fondamentale l'opera del Lamar-mora del 1852, recentemente ripubblicata in parte.

Un'ampia illustrazione dell'isola, in occasione del XII Congresso Geografico a Cagliari ha pubblicato il Vardabasso. Recenti e assai importanti sono gli studi del Taricco, fatti in occasione del rilevamento della carta geologica.

Poichè la Sardegna e la Corsica formano un tutto inscindibile così parliamo qui anche dell' « Isola persa ».

Degli scisti cristallini còrsi scrisse il Rovereto che vi distinse vari orizzonti confrontandoli con quelli alpini. E recentemente il Vardabasso ha dato una visione sintetica del Massiccio sardo - corso, ma più dal punto di vista morfologico che non da quello stratigrafico.

Anche fuori d'Italia i geologi italiani si affermarono e prima di tutto nelle nostre Colonie anche prima della loro conquista territoriale.

Un primo lavoro riassuntivo sulla nostra colonia eritrea si deve al Baldacci, che nel 1891 pubblicò, nelle memorie descrittive della Carta Geologica, osservazioni da lui fatte nella regione e corredate da una carta geologica, che fu la prima tracciata.

Dopo il Baldacci esplorarono con ampie vedute l'Eritrea il Dainelli e il Marinelli, e la loro opera rimane anche oggi fondamentale per la conoscenza della regione.

L'infernale Dancalia centrale venne per la prima volta esplorata nel 1919-20 dal Vinassa, il quale ebbe la ventura di poter individuare un importante complesso montuoso tra il mare e la depressione. Questo complesso montuoso, che il Vinassa chiamò *Alpi dancale*, si dimostrò come avanzo del grande naufragio dei terreni mesozoici nell'immensa bolgia basaltica. Sui terreni antichi, analoghi a quelli dell'altipiano, poggiano arenarie e calcari con numerosi fossili giuresi. Le estreme propaggini settentrionali del complesso affiorano sin presso Auakil. A mezzogiorno i geologi delle missioni che, cercando il petrolio, fanno almeno della buona geologia, ne hanno trovato la continuazione sino nel Hararino. Così la connessione coi giacimenti somali viene ad essere aumentata.

Per la Libia, dopo la prima nota geologica del 1902 dovuta al Vinassa sulla Tripolitania costiera, allora turca, si sono avute numerose altre notizie in seguito alla occupazione italiana.

Subito dopo la nostra spedizione venne inviata una prima commissione che pubblicò un volume di cui il capitolo geologico è dettato dal Franchi.

Anche una seconda commissione inviata in colonia per lo studio agrogeologico della Tripolitania pubblicò nel 1913 due volumi, di cui il primo contiene alcune notizie geologiche, sempre dovute al Franchi.

Successivamente si ebbero sempre nuovi studi. Il Parona, il Sacco, il Crema etc. li hanno redatti. Di maggior

mole è la memoria dello Stella che fece parte della spedizione Franchetti.

Coll'estendersi della occupazione si ebbero poi numerose altre notizie. Veniva così per la prima volta messo in evidenza il fenomeno laccolitico dei basalti di Mizda; giacitura che ha una certa importanza per l'origine delle acque profonde.

Nella Tripolitania occidentale fece ampie ricerche lo Zaccagna, che descrisse accuratamente vari profili e raccolse un ricco materiale.

Della Cirenaica ha spesso trattato lo Stefanini, che si è occupato in modo speciale dei terreni terziari così sviluppati e riccamente fossiliferi nella regione. A lui si deve anche un primo abbozzo geologico della regione con una cartina.

Ai terreni terziari si aggiunse poi anche il Cretaceo, Maestrichtiano, per merito del Crema che lo scoprì presso Tocra.

Sul Fezzan il Desio ha pubblicato dapprima un riassunto accompagnato da una cartina schematica che comprende i numerosi terreni dall'Archeano ad oggi rappresentati nella regione. Successivamente però, a complemento di numerose note sull'interno libico, venne poi il volume dei risultati scientifici dell'esplorazione all'oasi di Giara-bub che si svolse sotto la direzione del Desio.

Ma tutti questi lavori sono superati dal grosso volume edito per merito della Fondazione Volta dell'Accademia d'Italia: la Missione a Cufra. Numerosi autori hanno preso parte alla compilazione dell'opera tra cui principalmente il Desio che fu a capo della missione stessa.

Per cura della Società Geografica è poi uscito di questi giorni il primo volume dell'illustrazione del Sahara italiano, con numerose indicazioni geologiche e idrologiche e una cartina geologica dovuta al Desio. Cosicché si può dire che la conoscenza geologica della nostra colonia libica si avvia rapidamente alla sua completezza.

Un breve ma succoso riassunto della nostra conoscenza sull'Etiopia occidentale si deve allo Stefanini, che pubblicò anche una carta schematica dei vari terreni.

Si deve pure allo Stefanini una bella carta geologica dell'Eritrea, della Somalia e dell'Etiopia nella quale sono rappresentate tutte le nostre conoscenze geologiche della grande regione a tutt'oggi, basate sui rilevamenti dei vari viaggiatori opportunamente vagliate, e sui rilevamenti dello Stefanini stesso.

Le Commissioni che i vari Enti statali e parastatali hanno inviato in Etiopia, come quella dell' A. G. I. P. nel Hararino e quella della R. Accademia d' Italia allo Tsana, già cominciano a pubblicare almeno delle note preventive, che ci promettono in breve una ricca messe di scoperte e di notizie che completano quel poco che si conosceva della geologia etiopica.

Appena acquistato il Dodecaneso se ne iniziò lo studio geologico per opera specialmente del Desio e del Migliorini, che, tra l'altro, scoprirono il siluriano a Coò, e il carbonifero a Rodi.

Sulle isole dell'Egeo il Martelli ha illustrato ampiamente il gruppo eruttivo di Nisiro. Una descrizione completa delle isole del Dodecaneso stese nel 1931 il Desio.

Citeremo per finire anche le memorie geologiche non tutte pubblicate in Italia, ma dovute a scienziati italiani che sono stati in regioni estere od hanno avuto modo di studiare materiale estero.

Tra queste note ve n'è una importantissima del De-Stefani sui terreni terziari del Mediterraneo nella quale si insiste sul concetto che la distinzione dei terreni terziari sia di facies più che cronologica. L'idea del De-Stefani ha avuto pochi seguaci decisi, ma appare invece molto utile per la retta interpretazione del Terziario.

Allo stesso De-Stefani si deve pure un'importante memoria nella quale si confrontano i due versanti dell'Adria-

tico dal punto di vista geotettonico, correggendosi molte false idee che si avevano sulle correlazioni dei due versanti.

Nel Montenegro e nell'Albania ha lavorato il Vinassa che descrisse le regioni montenegrine al confine albanese e la regione costiera. Dopo di lui viaggiò nel Montenegro il Martelli. I risultati della esplorazione geologica del Martelli, oltre varie note paleontologiche di cui parleremo più avanti, furono alcuni importanti studi tra cui una cospicua memoria sul Montenegro sud-orientale e litoraneo, accompagnata da due carte geologiche. Del Montenegro sud-orientale sono descritti i terreni dal Paleozoico all'Eocene e al Quaternario. Nel litorale sono rappresentati terreni dal Trias al Miocene e il Quaternario. Al Martelli si deve pure la illustrazione dei M. Acrocerauni e di Valona.

Finalmente per l'Albania una commissione inviata dalla Società per il progresso delle Scienze di cui facevan parte come geologi il Dal Piaz e il De Toni si occupò in modo speciale della regione occidentale dal Mati a Valona.

Già prima della nostra occupazione del Dodecaneso il De Stefani aveva ampiamente illustrato le isole di Samos e di Karpathos.

Lo Zuffardi ha dato interessanti osservazioni sul bacino del Mar Caspio in occasione di un suo viaggio nel Caucaso, di cui illustrò anche il M. Dibrar. E il Desio in seguito ad un suo viaggio in Persia illustrò la catena dello Zaroch Kuh.

In Africa si è affermato il nome italiano per merito del Duca degli Abruzzi che aveva iniziato nel 1897 i suoi viaggi esplorando il M. S. Elia nell'Alasca, riportandone interessanti rocce studiate dal Novarese. Il Duca esplorò il Ruvensori e l'Uganda traendone interessante materiale studiato tra gli altri dal Roccati, e successivamente risalendo l'Omo Bottego, da cui pure portò materiale scientifico di grande interesse.

Nell'America meridionale, specialmente in Argenti-

na, hanno lavorato molti geologi italiani, occupati specialmente alla ricerca dei petroli. Essi però hanno dato anche importanti contributi alla conoscenza geologica della regione come il Rovereto, il Fossa - Mancini, il Feruglio, il Bonarelli.

Finalmente ricordiamo le grandi esplorazioni asiatiche del De Filippi e del Dainelli, che formano un alto titolo di onore per la scienza italiana. Essi hanno dato origine ad una serie di belle pubblicazioni riccamente illustrate.

In conclusione negli ultimi anni gli stratigrafi italiani hanno arricchito cospicuamente la conoscenza geologica di tutte le regioni italiane. Anche quelle che in passato erano state, per necessità di cose, un po' trascurate hanno avuto dal più al meno la loro illustrazione. Di modo che oggi si può dire che la conoscenza della stratigrafia italiana è compiuta. E mentre potrà certo dare modo ad altre descrizioni e forse preparare qua e là qualche sorpresa, pur tuttavia si può dire che le basi sono date. I problemi che oggi possono interessare sono quelli tettonici, poichè le nuove idee in questo campo vanno applicandosi anche a località più o meno pacifiche.

Sempre viva è la questione dell'età e della posizione di taluni terreni appenninici e della catena metallifera. Ma come si è visto i geologi italiani hanno fatto parecchio in questo campo e lo continuano a fare.

Dove però la Geologia italiana ha portato nuova e grande luce è nella conoscenza della Geologia africana, specialmente delle nostre colonie; ove molto si è fatto e più ancora si farà per merito della giovane scuola che segue le tracce dei pionieri.

Le scoperte nella geologia africana assurgono ad importanza generale poichè permettono collegamenti tra regioni assai lontane e fuori del nostro campo di indagine.

La scienza italiana non si è però limitata allo studio dell'Africa nostra, ma come si è visto ha preso in esame

anche altre regioni. Monumentali sono gli studi geografici, geologici, morfologici, e paleontologici sulle grandi catene dell'Imalaia e del Karacorum, a cui sarà sempre legato il nome di Giotto Dainelli.



III.

LE NUOVE VEDUTE TETTONICHE
NELLA REGIONE ALPINA
(a cura di G. B. DAL PIAZ)

Chi ha percorso qualche parte della Catena alpina avrà avuto facilmente occasione di constatare come i banchi rocciosi, che costituiscono le montagne, siano quasi sempre più o meno inclinati e spesso anche ripiegati. Il danese N. Stenone, che visse in Italia e fu uno dei fondatori della Geologia scientifica, riconobbe nel 1669 che questo fatto si verifica anche per i terreni depositatisi sicuramente secondo una giacitura orizzontale e ne concluse che le montagne si formarono per il *raddrizzamento degli strati*.

All'inizio del XIX secolo il Pallas constatò che la maggior parte delle catene sono costituite all'interno da rocce a silicati (come gneiss, micascisti, graniti, ecc.) e ai lati da terreni stratificati, di origine prevalentemente marina. Humboldt, von Buch e altri rappresentanti della cosiddetta « scuola plutonista » credettero che il sollevamento e il ripiegamento degli strati sedimentari fosse determinato dall'intrusione di grandi masse laviche, le quali poi consolidandosi avrebbero rappresentato la parte assiale, granulare - cristallina, dei grandi rilievi montuosi. In tal modo le Alpi vennero paragonate ad un vulcano, con la sola differenza che in quest'ultimo l'eruzione ha luogo attorno ad un centro di attività, rappresentato dal così detto camino vulcanico, mentre nelle prime sarebbe invece avvenuta in corrispondenza a delle lunghe fratture. Il von

Buch elaborò in proposito la sua ben nota « teoria dei crateri di sollevamento », che ebbe un periodo di gran voga.

L'erroneità della primitiva concezione della scuola plutonista fu ben presto dimostrata in modo inoppugnabile da parecchi studiosi, taluni di gran fama, quali E. De Beaumont, Studer, Suess, Favre, Baltzer, Al. Heim ecc. B. Studer riconobbe per primo che nelle Alpi non esiste una singola zona assiale, costituita da rocce a silicati, ma bensì numerosi massicci formati dai predetti materiali e separati fra loro da terreni sedimentari. A questi massicci egli diede il nome di « centrali », espressione che talvolta viene usata anche al giorno d'oggi, per quanto non risponde ormai più alle attuali concezioni geologiche. Gli autori sopranominati si sforzarono di dimostrare la *passività delle masse eruttive* dei massicci centrali nei riguardi dell'orogenesi alpina. Fra i più forti argomenti che essi addussero a sostegno della loro idea sta la constatata maggior antichità di quelle rocce eruttive in confronto al ripiegamento alpino. In tal modo la teoria dei crateri di sollevamento, elaborata dal von Buch, cedeva un po' alla volta il posto ad altre concezioni, più naturali perchè più aderenti alla realtà dei fatti che si venivano man mano scoprendo.

Nei primi quarant'anni del secolo scorso alcuni geologi tedeschi credettero di poter riconoscere nelle Alpi l'esistenza di un numero enorme di fratture subverticali (*faglie*). In poche parole, la nostra catena montuosa fu considerata come un vero e proprio Chaos di zolle, fagliate da tutte le parti. E. von der Linth dimostrò ben presto l'insostenibilità di questo modo di vedere e affermò che le Alpi svizzere rappresentano essenzialmente un sistema di pieghe, nel quale le fratture hanno un'importanza subordinata. Una concezione analoga fu applicata alle Alpi Venete ancora durante i primi anni del corrente secolo, finchè nel 1904 un geologo italiano potè dimostrare che questa parte della catena presenta una struttura a pieghe, per lo più dirette verso l'Adriatico.

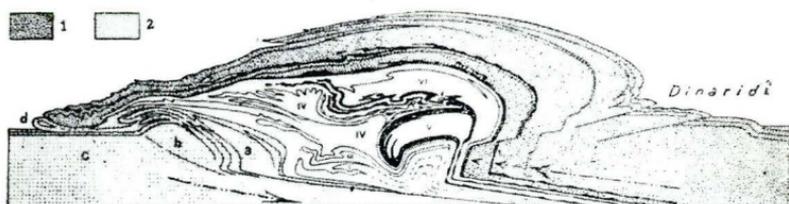
Nel 1875 il grande maestro E. Suess pubblica un opuscolo intitolato « *Die Entstehung der Alpen* », nel quale fra l'altro sostiene l'unità strutturale della catena alpina, la predominanza degli sforzi tangenziali nei fenomeni orogenetici, la funzione di massa-ostacolo esercitata dagli antichi massicci resistenti contro cui vengono ad urtare le zone in via di ripiegamento. Tre anni più tardi compare la famosa opera di A. Heim sul meccanismo dell'orogenesi, che assieme alla pubblicazione del Suess esercitò un'influenza fondamentale sull'indirizzo delle successive ricerche di tettonica alpina.

Nel 1884 M. Bertrand ebbe la geniale idea di paragonare le sezioni geologiche del bacino carbonifero franco-belga con le sezioni date da Heim per le Alpi del Cantone svizzero di Glarona (Glarus). Qui si rende necessaria, per maggior chiarezza, una breve digressione. Al giorno d'oggi è universalmente ammesso che, in conseguenza di energiche spinte orogenetiche tangenziali, le pieghe possano rovesciarsi le une sopra le altre, oppure grandi masse rocciose possano scorrere in corrispondenza a piani di movimento suborizzontali o comunque poco inclinati. Nell'uno e nell'altro caso si realizza la sovrapposizione meccanica di terreni più antichi a terreni più recenti, sovrapposizione che per necessità di cose può essere solo di natura tettonica, secondaria, dato che nell'ordine primario di sedimentazione le rocce più vecchie soggiacciono ovviamente a quelle più giovani. Importanti fenomeni di sovrapposizione anomala o *ricoprimento* tettonico furono segnalati forse per la prima volta da Roger negli Appalacchiani, ancora verso la metà dello scorso secolo. Durante gli anni 1857-1861 il Nicol stabilì l'esistenza di grandi ricoprimenti nella Scozia, che però solo vent'anni dopo venne universalmente riconosciuta per merito di insigni geologi, quali Lapworth, Horn e Peach. Nel settanta furono scoperti gli imponenti fenomeni di ricoprimento del bacino carbonifero franco-belga. Forte dell'esperienza acquisita

in questa regione, il Bertrand affermò che la tettonica del Cantone di Glarona doveva presentare delle notevoli analogie con quella del bacino carbonifero franco-belga. In particolare, egli sostenne che la famosa « doppia piega » di Glarona, la cui esistenza era stata ammessa dallo stesso Heim, doveva in realtà corrispondere ad un'unica, grande piega, proveniente da sud, la quale avrebbe portato i terreni permiani a ricoprire tettonicamente le più recenti formazioni del Mesozoico e soprattutto del Terziario. Il Bertrand concluse il suo dire con una felice profezia sulla futura scoperta di esempi di ricoprimento sempre più numerosi ed importanti nelle Alpi svizzere e in quelle Orientali.

La geniale intuizione di Bertrand incontrò lo scetticismo, per non dire l'aperta ostilità, dei più illustri studiosi di quel tempo e per parecchi anni essa venne sepolta nell'oblio. Salirà poi in altissimo onore, come una delle classiche, fondamentali concezioni della Geologia alpina, e non soltanto servirà di base per la nuova interpretazione tettonica delle montagne glaronesi, ma costituirà altresì il punto di partenza per tutte le moderne sintesi sulla struttura della nostra Catena.

Frattanto l'attenzione degli studiosi venne attratta dalle curiose caratteristiche geologiche di alcuni gruppi montuosi, che si elevano nella regione del pittoresco lago dei Quattro Cantoni (Schynstock, Mythen, Buochserhorn, Stanserhorn e Giswilerstock). Dette montagne sono formate da rocce mesozoiche e si innalzano bruscamente sulle molli colline circostanti, costituite dai più recenti terreni terziari, come giganteschi scogli emergenti dalle acque del mare. Per questa vaga analogia, fu attribuito a tali masse mesozoiche il nome di « scogli » (Klippen). Fu però riconosciuto ben presto che gli « scogli » in parola non sono radicati *in situ*, che cioè non spuntano fuori attraverso i sedimenti terziari (*Flysch*), ma bensì che poggiano, in un certo qual senso « galleggiano », sopra di essi.



Spiegazione della figura

PROFILO TETTONICO SCHEMATICO ATTRAVERSO LA CATENA ALPINA

Punteggiato fitto (1) - Ricoprimenti austroalpini (Austridi) e Dinaridi. (Parte destra e superiore del profilo).

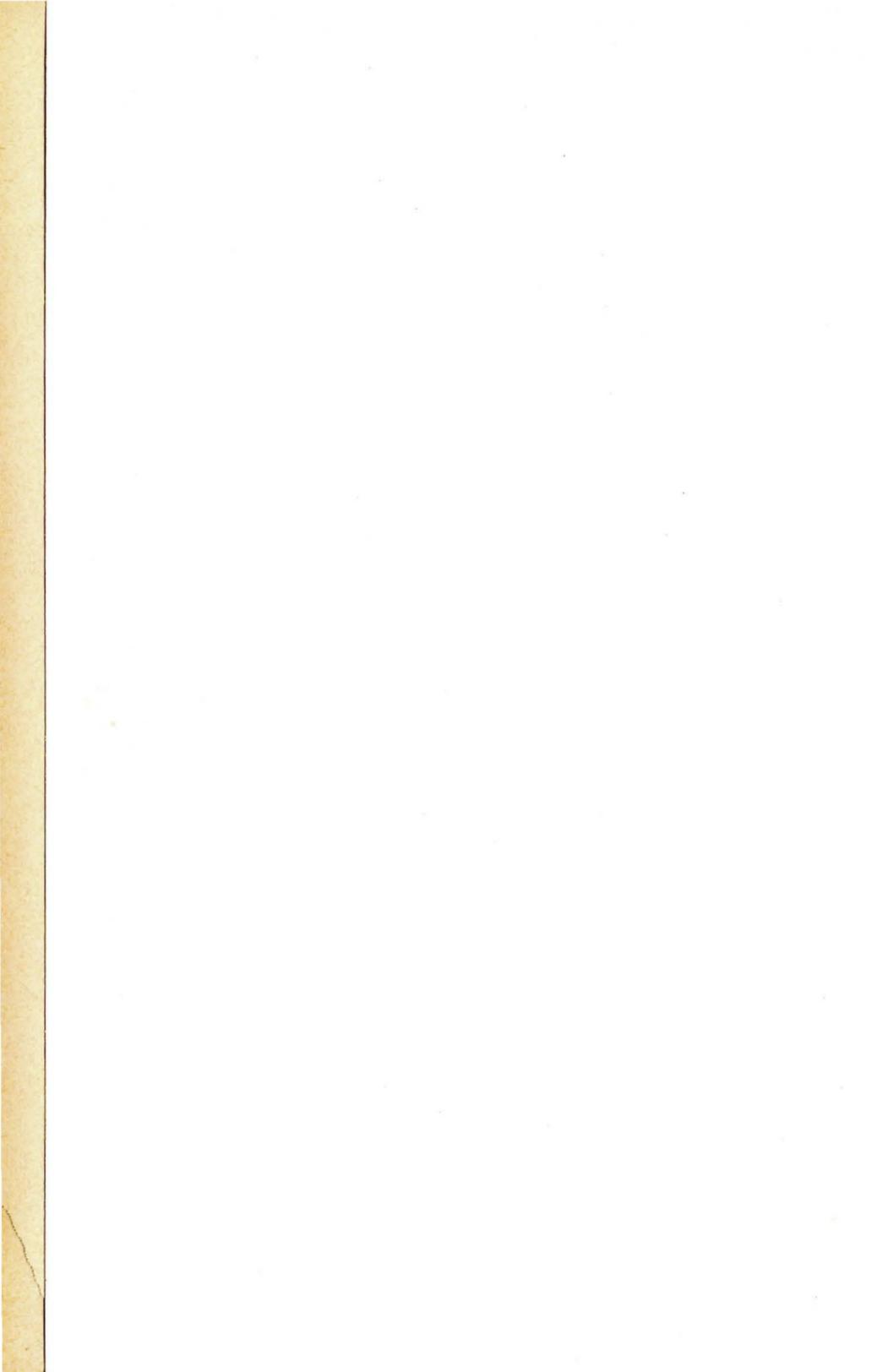
Punteggiato rado (2) - Elvetidi. *a, b* pieghe di fondo dello zoccolo cristallino, formanti i massicci elvetici (tipo M. Bianco, Aiguilles Rouges ecc.). *c*, parte più esterna del basamento cristallino, quasi esente da deformazioni alpine. Al disopra di *a, b, c*, si sviluppano le falde di scorrimento elvetiche e ultraelvetiche.

In bianco - Pennidi. Nuclei pretriasici dei ricoprimenti: I) Antigorio; II) Lebedun; III) M.te Leone; IV) G. S. Bernardo; V) M.te Rosa; VI) Dent Blanche.

In nero: rocce basiche (ofoliti) di età alpina, insinuate nelle sinclinali mesozoiche delle Pennidi e alla base dei ricoprimenti austroalpini.

Scala approssimativa delle lunghezze: 1:2.000.000.

Secondo E. ARGAND: *La tectonique de l'Asie*, « Compte Rendu du XIII Congrès géologique international », Belgique 1922, Liegi 1924, p. 353, fig. 19 ter.



I terreni cretacei, giuresi e triassici degli « scogli » possiedono facies ben diverse da quelle che offrono i terreni coevi delle regioni circostanti, fatto fondamentale già intravisto dal Kaufmann. Si giunse così alla conclusione che gli « scogli » rappresentano altrettante *masse esotiche*, originatesi in località molto distanti da quelle ove si trovano attualmente. Secondo Steinmann e Quereau, essi dovrebbero provenire dall'ipotetica « catena vindelica », che attualmente giacerebbe sprofondata fra la Molassa e il Flysch. Ma mentre la supposta catena vindelica veniva un po' alla volta relegata fra le ipotesi artificiali e caduche ed era quindi irrimediabilmente destinata a scomparire dalle nuove concezioni, si rendeva invece sempre più manifesto il fatto della notevole parentela di facies che esiste fra i terreni mesozoici degli « scogli » e quelli coevi delle Alpi meridionali ed orientali. Ci fu allora un geologo di mente acuta e di larghe vedute, H. Schardt, il quale negli anni 1890-93 affermò che gli « scogli » del Lago dei Quattro Cantoni, assieme alle Prealpi Romande e alle montagne del Chiabrese, rappresentano i relitti di una gigantesca coltre di ricoprimento, proveniente da sud ed ora frazionata dall'erosione in tanti lembi isolati. Lo Schardt fu senza dubbio uno degli autori che maggiormente contribuirono al progressivo affermarsi delle nuove concezioni, e se dapprima egli fu combattuto, talora aspramente, da ben illustri Maestri, ebbe in seguito la grande soddisfazione di assistere al completo e definitivo trionfo delle idee da lui propugnatte.

Entrò frattanto nell'arena, ove si combatteva la nobile e faticosa gara per l'interpretazione tettonica delle Alpi, uno dei più forti atleti che tuttora vanta la Geologia, M. Lugeon. Nel 1894-95 egli aveva criticato, assieme a molti altri, le rivoluzionarie idee dello Schardt, finchè nel 1896 si convertì alla nuova dottrina e ne divenne ben presto uno dei più fervidi e autorevoli sostenitori. Con vasta e chiara visione dell'unità dei grandi fenomeni geologici, egli

estese a tutte le Alpi svizzere la struttura a ricoprimenti sovrapposti (*nappes empilées*) già da lui constatata nel Chiablese e nelle Prealpi Romande. Così nel 1902, per merito del Lugeon, era realizzata la prima sintesi tettonica della Svizzera secondo le moderne vedute. Questa data segna anche la conversione di A. Heim alle nuove idee; in una nobilissima lettera, indirizzata al Lugeon e da questi pubblicata in appendice al suo classico lavoro *Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse*, l'insigne Maestro zurighese si dichiarò lieto « che i suoi allievi fossero andati più lontani di lui e che gli avessero insegnato ad accettare delle idee davanti alle quali egli fino a quel momento si era arrestato ».

Il 1903 sarà l'anno decisivo per il trionfo della teoria dei grandi ricoprimenti, tanto per le Alpi quanto per i Carpazi. Già il Lugeon aveva dimostrato come i profili e le carte dei Carpazi, disegnati da Uhlig, diventassero molto più chiari e comprensibili applicando ad essi l'ipotesi dei ricoprimenti sovrapposti. Nel mese di agosto fu tenuto a Vienna il Congresso geologico internazionale e in quell'occasione venne combattuta una memorabile battaglia fra i geologi austro-tedeschi, sostenitori tenaci delle vecchie concezioni, e gli studiosi francesi e svizzeri che si fecero banditori di nuove, arditissime interpretazioni tettoniche. Lugeon, Termier ed Haug affermarono che le intere Alpi Calcarea austriaco-bavaresi, dal Reticone a Vienna, formano un immenso ricoprimento, che « galleggia » sopra un substrato più recente per un'estensione di ben 480 Km. Termier proclamò inoltre che tutte le Alpi orientali, a nord di una certa linea, sono formate da una serie di ricoprimenti sovrapposti. Egli dimostrò l'identità litologica e stratigrafica fra le formazioni metamorfiche degli Alti Tauri e della bassa Engadina e quelle della « zona del Piemonte », identità che si manifesta perfino nei minimi particolari. Da questa perfetta analogia egli fu tratto a concludere che la « zona del Pie-

monte » si immerge nei Grigioni sotto ad una specie di gigantesca galleria formata dai ricoprimenti cosiddetti « austroalpini », che si estendono su gran parte delle Alpi Orientali, per poi riaffiorare attraverso due enormi lacerazioni prodotte dai processi erosivi in corrispondenza alla bassa Engadina e alla catena degli Alti Tauri. Simili lacerazioni erosive, che permettono di vedere attraverso un ricoprimento superiore localmente distrutto gli elementi strutturali sottostanti, hanno ricevuto il significativo nome di « *fenestres tettoniche* ». Termier deve essere considerato come il geniale scopritore delle due maggiori finestre tettoniche delle Alpi, quella dell' Engadina e quella degli Alti Tauri.

Tali concetti vennero svolti dal Termier nella sua famosa memoria sulle Alpi Orientali, comparsa verso la fine del 1903, la quale comprende inoltre la prima sintesi tettonica dell'intera catena secondo la teoria dei grandi ricoprimenti. E' questa un'opera che a giusta ragione ha fatto epoca nella storia della Geologia, e che rappresenta la sicura base sopra cui si sono poi sviluppate tutte le successive sintesi sulla struttura delle Alpi.

Si comprende facilmente come le formidabili novità proposte dai geologi svizzeri e francesi, e in particolare modo dal Termier, dovessero incontrare l'aperta ostilità dei colleghi della scuola di Vienna. Fu un vero uragano di proteste e di critiche e le nuove concezioni vennero considerate da molti come un puro e semplice parto della fantasia. Ma un po' alla volta la tempesta si placò e la luce della verità, che era insita nella geniale visione di Termier, di Haug e di Lugeon, cominciò ad apparire, dapprima timidamente, e poi infine a sfolgorare in tutto il suo splendore. Allora cominciarono ad arrendersi e a convertirsi taluni dei più fieri negatori dell'esistenza dei grandi ricoprimenti. Uhlig si votò anch'esso alle nuove idee, e il frutto di questo mutamento di indirizzo nei suoi studi geologici lo troviamo nell'opera magistrale sulla

« Struttura a ricoprimenti delle Alpi Orientali », ch'egli pubblicò nel 1911.

Restava ancora da decifrare la tettonica della così detta « zona del Piemonte » (= zona pennidica di Argand), comprendente la parte interna delle Alpi occidentali, l'Ossola, parte del Canton Ticino fino al Gottardo, i massicci del Tambò, della Suretta, dell'Adula ecc. In questo territorio, alle estreme complicazioni di carattere strutturale si accompagnavano gravissime difficoltà d'ordine stratigrafico-cronologico, giacchè, trattandosi di un territorio costituito per la massima parte da scisti cristallini e subordinatamente da rocce eruttive, non c'era la speranza di poter stabilire l'età relativa dei vari terreni con il sussidio dei fossili, come era stato fatto per le formazioni sedimentarie. In tal modo la zona del Piemonte rappresentò per molti anni agli occhi dei Geologi una vera e propria Sfinge, che si mostrava estremamente avara dei suoi segreti verso coloro che tentavano di interrogarla.

Il grande scienziato piemontese A. Sismonda, autore della famosa « Carta Geologica di Savoia, Piemonte e Liguria » (1862), riteneva giustamente che gran parte degli scisti cristallini delle Alpi Occidentali fossero dei sedimenti trasformati in seguito a complessi fenomeni di metamorfismo. Ai medesimi processi egli attribuiva, con geniale intuito, la scomparsa dei fossili. Il Sismonda riteneva che queste rocce, da lui chiamate *gneiss di modificazione* e facenti parte della serie ora detta dei « calcescisti » o delle « pietre verdi », fossero di età giurassica; altra affermazione di capitale importanza, e non soltanto per la geologia del Piemonte ma anche per quella di tutt'intera la Catena, che anticipa di molti anni le conclusioni definitive che verranno formulate verso la fine del secolo da altri studiosi, pure italiani. Il Sismonda tenne inoltre distinti i terreni sopraricordati da un grande gruppo di *gneiss*, che egli denominò *primitivi*.

Successivamente B. Gastaldi ammise che tutti gli scisti

cristallini della zona del Piemonte appartenessero al terreno arcaico o primitivo; si fece così un passo indietro rispetto al Sismonda, il quale aveva sostenuto l'età giurassica di quei terreni che attualmente vengono riuniti nella formazione dei calcescisti e attribuiti per la massima parte al Lias. Spetta tuttavia al Gastaldi l'indiscutibile merito di aver distinto in seno agli scisti cristallini delle Alpi Occidentali due grandi zone: una inferiore, detta del *gneiss centrale* o *antico*, e una superiore detta dei *calcescisti* o delle *pietre verdi*. Questa distinzione ha tutt'ora un'importanza fondamentale dal punto di vista cronologico-stratigrafico, inquantochè la zona del gneiss centrale è formata all'incirca da quegli scisti cristallini che attualmente vengono considerati come pretriassici, mentre la zona dei calcescisti comprende una serie di terreni ai quali si attribuisce al giorno d'oggi una sicura età mesozoica e in parte anche terziaria.

A dimostrare la grande importanza dei lavori di Gastaldi varrà il seguente giudizio, espresso nel 1911 da E. Argand: *travaux... qui restent fondamentaux et où seule, jusqu'ici, la chronologie des terrains a notablement vieilli.*

Fra i più distinti studiosi che nel secolo scorso si occuparono della «zona del Piemonte», deve essere ricordato anche M. Baretti, autore di note e pregevoli memorie sulla Geologia delle Alpi Occidentali, che contengono una grande quantità di osservazioni interessanti e precise.

Nel 1873 Ch. Lory poneva nel Trias superiore i calcescisti micacei della Savoia e del Piemonte, ma l'affermazione del geologo francese, come già quella precedente del Sismonda, doveva rimanere ancora per lunghi anni senza eco.

Finalmente nel 1898 S. Franchi rinvenne nei calcari e nei calcescisti della Val Grana (V. Maira) diversi fossili triassici, retici e liassici. Questa *scoperta capitale*, come ebbe a definirla Termier, dimostrò in via definitiva l'età mesozoica della formazione dei calcescisti o zona delle

pietre verdi, e rappresentò inoltre una splendida conferma delle sagaci intuizioni di A. Sismonda. Negli anni successivi numerosi altri fossili mesozoici furono trovati da Franchi e da Stella nelle valli della Varajta, della Maira, di Susa, di Rhêmes, presso il valico del Piccolo S. Bernardo e infine vicino a Villeneuve d'Aosta. Frattanto avanzi di piante fossili, appartenenti al Carbonifero, venivano scoperti in varie località della zona del Piemonte, dal Piccolo S. Bernardo, alle alte valli di Susa e del Tanaro, fino alla Valle della Bormida di Mallare. In tal modo un po' alla volta, per merito esclusivo di geologi italiani, la vesata questione dell'età dei terreni scistoso-cristallini della zona del Piemonte veniva finalmente risolta, e ciò non solo per la parte interna delle Alpi occidentali, ma anche per l'Ossola, il Ticino, l'Engadina, gli Alti Tauri ecc., per tutte quelle regioni cioè ove affiora la zona pennidica. Queste fondamentali scoperte permisero altresì di porre le basi stratigrafico-cronologiche indispensabili per il rigoroso rilevamento geologico della zona del Piemonte e infine offrirono la possibilità di tentare una sintesi tettonica attendibile di tutte le Alpi Occidentali.

Ancora nel 1869 quell'acuto indagatore che fu il Gerlach aveva affermato che il gneiss di Antigorio nell'Ossola forma una grande piega rovesciata a nord per oltre 9 Km. Nel 1901 il Lugeon, utilizzando i primi dati forniti dal traforo del Sempione, interpretò la piega di Antigorio come una grande anticlinale coricata verso il settentrione e disegnò al disopra di essa un secondo ricoprimento, collegando i lembi gneissici del Lebendun e del Monte Leone con il gneiss del Ticino. Nel 1903 lo Schardt poté pubblicare un profilo del Sempione alquanto più completo, nel quale figurano alcune grandi pieghe di gneiss pretriassici, coricate verso nord sui calcescisti mesozoici.

Il 1905 fu l'anno cruciale per la zona pennidica. In due brevi note, M. Lugeon ed E. Argand affermarono che la

zona del Piemonte è costituita da sette enormi ricoprimenti (ridotti poi a sei), sovrapposti gli uni agli altri. Nella regione dell'Ossola e del Sempione, in conseguenza di un'inflexione positiva o « culminazione » degli assi tettonici, vengono a giorno gli elementi più profondi della catena, rappresentati dalla cupola di Verampio. Al di sopra di questa seguono i vari ricoprimenti pennidici, che noi ora ricorderemo, incominciando da quello inferiore: ricoprimento di Antigorio (I); ricoprimento del Lebendun (II); ricoprimento del Monte Leone (III); ricoprimento del Gran S. Bernardo (IV), enorme e estremamente complicato; ricoprimento del M. Rosa (V), in forma di una grandiosa piega coricata, affetta da numerose e complesse ripieghe (digitazioni) nella parte anteriore; ricoprimento della Dent Blanche (VI), suddiviso in tre grandi lobi. Quest'ultima unità merita un cenno a parte. Mentre gli altri ricoprimenti sono ancora uniti alla loro zona di origine o « radice », quello della Dent Blanche è stato suddiviso dall'erosione in un gigantesco lembo isolato di ricoprimento, formante i massicci della Valpelline, della Dent Blanche, il M. Cervino ecc., e in una parte radicale corrispondente alla cosiddetta « zona Sesia ». La conservazione del lembo di ricoprimento della Dent Blanche è dovuta alla presenza di una grande inflessione negativa o « depressione » degli assi tettonici nella zona compresa pressapoco fra Zermatt ed Aosta.

Nel 1908 comparve la bella Carta geologica delle Alpi Occidentali, alla scala 1: 400.000, rilevata dagli studiosi del R. Ufficio Geologico Italiano durante gli anni 1888-1906. Successivamente vennero pubblicati i fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 relativi al Piemonte. L'opera grandiosa potè essere condotta a termine solo in questi ultimi tempi, e ad essa contribuirono parecchi scienziati valentissimi, quali S. Franchi, E. Mattiolo, D. Zaccagna, V. Novarese, A. Stella.

Gli Ingegneri rilevatori del R. Ufficio Geologico Ita-

liano accolsero di solito poco favorevolmente i primi tentativi di applicare alle Alpi occidentali la teoria dei grandi ricoprimenti e in seguito la stessa rigorosa sintesi di Argand. La mancata adesione di questi insigni studiosi alle nuove idee che venivano affermandosi nel difficile campo della tettonica alpina, è imputabile a cause diverse. Non ultima fra queste la circostanza, messa in evidenza dall'Argand, che il settore *optimum* per l'affioramento delle maggiori unità pennidiche si trova nella regione di Zermatt, dove è possibile abbracciare in un giro di orizzonte buona parte dei ricoprimenti della Dent Blanche, del Monte Rosa e del Gran S. Bernardo. E in via generale si può affermare che nelle Alpi Italiane i fenomeni di sovrapposizione tettonica sono alquanto meno estesi ed evidenti di quanto non siano nelle Alpi Svizzere. Un altro giustificato motivo di scetticismo verso le nuove idee è da ricercarsi nelle esagerazioni in cui caddero taluni fanatici sostenitori della teoria dei ricoprimenti, esagerazioni che finirono col danneggiare la stessa causa ch'essi volevano difendere. Ma dove i ricoprimenti si manifestano con sicura chiarezza, essi vennero riconosciuti come tali anche dai nostri geologi, i quali non mancarono di segnalarne parecchi nuovi ed importanti esempi. In conclusione, il dissenso verteva più sulle dimensioni del fenomeno che non sulla sua vera natura, che oramai nessuno più conosceva.

Indirettamente poi gli studiosi del R. Ufficio Geologico hanno portato un contributo alla conoscenza tettonica delle Alpi Occidentali e dell'Ossola che può essere definito solo con la parola di « immenso ». E' a tutti noto infatti come nessuna sintesi tettonica sia possibile senza una rigorosa base cronologico-stratigrafica dei vari terreni e, nel caso di regioni metamorfiche com'è la zona del Piemonte, senza una precisa conoscenza petrografica delle varie rocce. Orbene, negli studi stratigrafici e petrografici sulla zona pennidica delle Alpi Occidentali, i geo-

logi italiani hanno faticosamente conquistato un indiscusso primato. Basterà ricordare in proposito le fondamentali pubblicazioni di Franchi sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nonchè sui metamorfismi subiti dalle ofoliti, i lavori petrografici di Novarese, le osservazioni di Stella sulle zone di profondità del metamorfismo e sui casi di discordanza angolare da lui constatati nell'Ossola, e innumerevoli altri studi che, per mancanza di spazio, non mi è qui possibile menzionare. Talune insostenibili concezioni tettoniche proposte da geologi stranieri furono poi efficacemente combattute dagli Autori sopraricordati, in particolar modo dal Novarese.

Nel 1911 E. Argand pubblicò la sua celebre « Carta strutturale delle Alpi Occidentali », accompagnata da tre tavole di profili. Cinque anni dopo lo stesso Autore dava alle stampe un opuscolo, che nella sua piccola mole racchiudeva l'affascinante storia della genesi e dell'evoluzione geologica dell'arco delle Alpi Occidentali. In tal modo era realizzata la prima sintesi tettonica della zona penninica per tutto l'immenso territorio che si estende dal Mar Ligure ai Grigioni. Quest'opera gigantesca, destinata a rimanere fra i monumenti più insigni e duraturi delle discipline geologiche, onora altamente l'Uomo geniale che la concepì e seppe condurla a termine con un'energia veramente portentosa. Essa onora, insieme a lui, anche gli innumerevoli studiosi, italiani e stranieri, che, con le ricerche di dettaglio e con le prime sintesi parziali, hanno reso possibile l'esecuzione del gran quadro d'insieme. Il contributo portato dai geologi italiani venne sempre ampiamente riconosciuto dall'Argand, che in proposito ricorda, fra l'altro, « *d'avoir connu, dès sa publication en 1908, l'inestimable document moderne qu'est la Carte géologique des Alpes Occidentales, au quatre-cent millièmè, bientôt suivie des premières feuilles alpines, au cent-millièmè, de la Carte géologique d'Italie, oeuvre distinguée des maîtres du R. Ufficio Geologico* ».

Riassumendo in brevi termini la concezione di Argand, osserveremo com'egli abbia esteso a tutta la zona del Piemonte la struttura a ricoprimenti sovrapposti scoperta nel 1905 da lui e da Lugeon nelle Alpi Pennine. In particolare, egli ha riconosciuto la continuazione del ricoprimento del Gran S. Bernardo nella zona carbonifera detta « assiale » e la prosecuzione del ricoprimento del M. Rosa nei massicci del Gran Paradiso, di Ambin e del Dora - Maira. La regione dell'Ossola e del Canton Ticino corrisponde a una zona di culminazione assiale, ove affiorano le unità inferiori delle Pennidi (ricoprimenti I - III) e il più basso elemento tettonico delle Alpi (cupola di Verampio ecc.). Ad oriente della grande culminazione ticinese i ricoprimenti s'immergono uno sotto l'altro, in modo da ripetere a grandi linee la successione tettonica che si osserva nelle Alpi Pennine. I grandi massicci del Gottardo - Aar, del Monte Bianco - Aiguilles Rouges, del Belledonne, del Pelvoux, dell'Argentera appartengono alla così detta « zona elvetica », che nel suo insieme rappresenta la massa - ostacolo contro la quale sono venute ad urtare le pieghe pennidiche. All'interno delle Pennidi fa seguito la « zona insubrica », che costituisce la radice dei ricoprimenti austroalpini, i quali, com'è noto, sono coricati verso il settentrione. Più a sud succedono infine le Dinaridi, caratterizzate da pieghe e scorrimenti rivolti in prevalenza verso la pianura padana. Utilizzando tutti i dati stratigrafici allora disponibili, Argand riuscì inoltre a tracciare le linee fondamentali della storia geologica delle Alpi Occidentali, dal Paleozoico superiore fino ai giorni nostri. Purtroppo non ci è possibile entrare nei dettagli di questa magnifica sintesi, la cui disamina richiederebbe troppo spazio.

Ci limiteremo soltanto a ricordare che già nel 1916 l'Argand accennava chiaramente all'idea che le tre parti fondamentali ond'è costituita da Nord a Sud la Catena alpina, ossia le Elvetidi, le Pennidi e le Austro - Dinaridi,

dovessero corrispondere rispettivamente al bordo meridionale dell'antica Europa, alla parte assiale della geosinclinale e al promontorio nord-africano. Quest'ultimo sarebbe così salito sulla vecchia Europa, schiacciando e laminando sotto di sè il contenuto della geosinclinale. Concezione grandiosa, che verrà ripresa otto anni dopo dall'Argand nella sua « *Tectonique de l'Asie* »; ove cercherà di spiegare i grandi fenomeni geotettonici alla luce della teoria di Wegener sulla deriva dei continenti.

Per quanto riguarda il Piemonte, possiamo ancora menzionare i recenti lavori di F. Hermann su talune zone della Valle d'Aosta e della Val di Susa, ecc. Questo Autore illustrò la complicata tettonica locale dei ricoprimenti Dent Blanche, M. Rosa e Gran S. Bernardo in una serie di pubblicazioni, corredate da eleganti stereogrammi e da carte strutturali. Egli interpretò i numerosi lembi di gneiss e micascisti, scoperti in parte da lui e in parte dagli studiosi del R. Ufficio Geologico entro la formazione dei calcescisti, come altrettante scaglie tettoniche del ricoprimento della Dent Blanche (VI). Secondo Hermann, la massima parte se non anche la totalità dei calcescisti andrebbe attribuita allo stesso ricoprimento della Dent Blanche, opinione che però non sembra aver finora raccolto il consenso dei competenti.

Nel 1928 Giambattista Dal Piaz pubblicò la sua monografia sulla catena Gran Nomenon - Grivola - Herbetet (Gruppo del Gran Paradiso), accompagnandola con una carta geologica alla scala di 1: 25.000. In questo lavoro vengono, fra l'altro, chiariti i rapporti fra la digitazione di Vall' Inferno e la massa principale del ricoprimento V. Inoltre l'Autore descrive alcuni lembi di gneiss e micascisti da lui scoperti entro i calcescisti, considerandoli come scaglie tettoniche del ricoprimento Dent Blanche. In uno studio recente, il Dal Piaz dimostrò che nel Paleozoico superiore la zona allora corrispondente all'attuale ricoprimento Monte Rosa - Gran Paradiso era emersa e sog-

getta a processi erosivi molto intensi, conclusione che venne accolta favorevolmente dall'Argand.

Attivissime fervevano intanto nelle Alpi francesi le ricerche geologiche secondo i moderni indirizzi. Già nel 1907 P. Termier aveva mostrato la necessità di una nuova interpretazione tettonica delle Alpi franco-italiane, conforme alla sintesi di Lugeon e Argand. Un po' alla volta i grandi ricoprimenti dell'Embrunais, dell'Ubaye, del Briançonnais ecc., venivano descritti e collegati con le maggiori unità tettoniche del Piemonte e del Vallese. Nel tempo stesso un imponente lavoro di dettaglio metteva in luce le più minute caratteristiche stratigrafiche dei vari elementi strutturali, permettendo spesso di trarne importantissime conclusioni d'indole generale. Quest'opera di analisi e di sintesi insieme, che onora altamente la Scienza francese, è dovuta ad un'eletta schiera di studiosi, fra i quali brillano alcuni dei più bei nomi della Geologia alpina. Nell'impossibilità di nominare tutti, vogliamo almeno ricordare, oltre al Termier, E. Haug e W. Kilian, L. Bertrand e M. Gignoux, J. Boussac e J. Revil, L. Moret e E. Raguin.

Nel massiccio del Monte Bianco P. Corbin e N. Oulianoff compirono e compiono tutt'ora delle ricerche estremamente dettagliate, pubblicando la Carta geologica del versante francese alla scala 1: 20.000. Fra i più notevoli risultati raggiunti da questi due Autori si deve menzionare la scoperta che le pieghe e le strutture prodotte dall'orogenesi ercinica presentano una direzione nettamente diversa da quella delle pieghe determinate dall'orogenesi alpina.

Nell'ultimo venticinquennio le conoscenze geologiche sulle montagne dei Grigioni e della Valtellina progredirono con ritmo sempre più rapido. Applicando nell'interpretazione tettonica di questa parte della Catena i concetti generali sviluppati dall'Argand, fu ben presto possibile a R. Staub di abbozzare una sintesi sufficientemente

completa e precisa delle Alpi Centrali, soprattutto per quanto riguarda gli elementi pennidici e austroalpini. In questa sua vasta opera lo Staub si basava naturalmente, oltretchè sulle proprie ricerche personali, anche sugli studi dei numerosissimi autori che si erano occupati della geologia dei Grigioni e delle montagne lombarde. E qui torna acconcio rammentare che già verso la metà del secolo scorso Escher e Studer avevano intravisto l'esistenza dei grandi ricoprimenti austroalpini, i cui limiti venivano un po' più tardi rappresentati dal Theobald nelle sue carte geologiche dei Grigioni con un'esattezza davvero sorprendente. Nel 1897 Steinmann rilevava lo scorrimento delle masse austroalpine sopra il più recente «*Flysch elvetico*», dal Reticone all'Oberhalbstein e all'Engadina inferiore. Sul versante italiano delle Alpi centrali una pleiade di valenti geologi raccoglieva un'enorme quantità di dati di fatto e di osservazioni precise, tentando non di rado di assurgere a visioni sintetiche. Questi geologi, fra i quali emergono parecchi Maestri di altissima fama, rispondono ai nomi di M. Stoppani, T. Taramelli, E. Spreafico, G. Negri, E. Artini, L. Brugnatelli, E. Repossi, G. B. Cacciamali, A. Cozzaglio, C. Porro ecc. Il Cacciamali fu un sostenitore entusiasta delle nuove teorie geotettoniche, che cercò di applicare su larga scala alle Prealpi lombarde, mentre il Porro ebbe recentemente occasione di dimostrare l'assurdità di certe concezioni strutturali sulla Catena Orobica, enunciate da qualche giovane geologo straniero.

Col passare degli anni, la tettonica delle Alpi Centrali, e in particolar modo dei Grigioni, venne svelata fin nei suoi più intimi particolari. Fra gli studiosi che si distinsero in questo grandioso lavoro di precisazione rigorosa e di larghe visioni, vanno ricordati, oltre a R. Staub, A. Spitz, G. Dyhrenfurth, H. P. Cornelius, J. Cadisch, O. Ampferrer, W. Hammer e, più recentemente, gli allievi delle fiorenti scuole di Berna e di Basilea, guidati da quei due insigni Scienziati che sono P. Arbenz e M. Reinhard.

Negli anni 1919-22 uscì la *Geologie der Schweiz* di Albert Heim, opera meravigliosa, che rivela la profondissima scienza e lo squisito gusto artistico del suo Autore. Essa costituisce una miniera inesauribile di notizie preziose e di ampie vedute d'insieme, alla quale attingeranno sempre con profitto i giovani principianti e i geologi consumati.

Nel biennio 1923-24 videro la luce le grandi sintesi di L. Kober, H. Jenny e R. Staub sulla struttura dell'intera Catena alpina. Riassumerò brevemente le principali conclusioni esposte nell'opera dell'ultimo Autore, che è assai più dettagliata delle altre due e quindi in un certo senso le compendia. Tenace assertore del principio della persistenza delle forme strutturali nella direzione degli assi tettonici, lo Staub ricerca la diretta prosecuzione dei ricoprimenti pennidici delle Alpi Occidentali in quelli dei Grigioni e degli Alti Tauri. Suddivide l'enorme sistema dei ricoprimenti austroalpini nei tre gruppi (ceppi) fondamentali delle Austridi inferiori, medie e superiori. Considera i lembi di ricoprimento di Steinach, di Murau, di Graz ecc., come relitti di un'immensa coltre d'origine dinarica, che egli distingue con il nome di « stiriana ». Afferma che i massicci granitici e tonalitici di M. Croce - Ivigna - Bressanone, delle Vedrette di Ries e del Bacher - Eisenkappel sono antichi, paleozoici, e rappresentano le radici delle Austridi superiori.

Nel 1924 comparve anche la geniale sintesi di Argand dal titolo « *La tectonique de l'Asie* », che contiene frequenti, importantissimi richiami alla Catena Alpina. Quest'opera non è indegna di essere accostata a quella classica di Suess, « *La Faccia della Terra* », il cui ultimo volume, uscito nel 1910, dava già ampio conto delle più recenti scoperte tettoniche nelle Alpi, accogliendo in pieno la concezione dei grandi ricoprimenti.

Frattanto i geologi italiani, soprattutto quelli della vecchia scuola di Padova, si dedicavano allo studio e al

rilevamento del vasto territorio delle Tre Venezie, spesso in nobile gara con valenti scienziati stranieri. I nostri studiosi si ispiravano all'alto esempio che a loro proveniva dai Vallisnieri, da Arduino, Marzari - Pencati, Catullo, De Zigno, Omboni, Taramelli ecc. Per quanto riguarda la tettonica della regione in discorso, occorre ricordare che ancora nei primi anni del corrente secolo si riteneva che le Alpi Venete fossero attraversate da una rete di fratture e di faglie, concezione che era convalidata dall'autorità di Suess. Contro questo modo di vedere si schierarono Carlo De Stefani, Olinto Marinelli e specialmente Giorgio Dal Piaz, il quale, in una breve nota nel 1904 e in una grossa memoria nel 1912, poté dimostrare che, fatta eccezione di piccoli salti locali, conseguenti delle grandi deformazioni plastiche, il motivo tettonico dominante delle Alpi Orientali Meridionali è dato da un sistema di pieghe più o meno lunghe e complesse, spesso stirate fino alla rottura del fianco rovesciato e generalmente rivolte verso l'Adriatico.

Numerosi geologi estesero queste conclusioni alla tettonica di tutta la rimanente parte « dinarica » delle Venezie, vale a dire alle Prealpi vicentine e veronesi, al Trentino, al Friuli, alla Venezia Giulia, e possiamo ricordare in proposito i nomi di R. Fabiani, G. Stefanini, A. De Toni, M. Gortani, P. Vinassa de Regny, G. Dainelli, A. Desio, A. Winkler, S. Vardabasso, G. Merla ecc. Nella catena carnica Vinassa de Regny e Gortani chiarivano la stratigrafia del Paleozoico e ponevano nel giusto risalto l'importanza della grande discordanza ercinica, mentre ultimamente F. Heritsch vi riconosceva importanti fenomeni di ricoprimento causati dall'orogenesi ercinica.

Nel tempo stesso progrediva lo studio della regione scistoso - cristallina della Valle dell'Adige. Già M. Furlani - Cornelius aveva pubblicato i suoi importanti studi sulla « zona delle radici austroalpine », da Lienz fino quasi a Merano. Successivamente W. Hammer, B. Sander, A.

Bianchi, Giambattista Dal Piaz, C. Andreatta portavano a termine il rilevamento geologico di tutto l'Alto Adige, preparando i materiali per una nuova e originale interpretazione tettonica dei territori studiati. Hammer dimostrò che lo scorrimento di Slingia cessa in Val Venosta prima di raggiungere la Val Senales, dimodochè il massiccio dell'Oetztal non può in nessun modo costituire un lembo di ricoprimento completamente isolato dall'erosione. Sander e più tardi Schmidegg trovarono che nelle Alpi Passirio i terreni cristallini dell'Austroalpino medio di Staub formano un tutto inscindibile con quelli dell'Austroalpino superiore. Bianchi e Dal Piaz diedero alle stampe nel 1934 una grossa memoria geologico - petrografica sull'Alto Adige Orientale, che comprende anche numerose osservazioni sul Tirolo orientale e settentrionale, nonchè sulla Venezia Tridentina occidentale. Fra i principali risultati geotettonici conseguiti da Gb. Dal Piaz si possono ricordare: la scoperta di strutture di età ercinica nel ricoprimento del Gran Veneziano; l'esatta delimitazione del ricoprimento del Greiner; la constatazione che la zona di Matri è formata da elementi austroalpini oltrechè pennidici; il ritrovamento di strutture di età prealpina in seno ai terreni scistoso - cristallini delle Austridi; la scoperta di nuovi, piccoli nuclei tonalitici lungo la linea di dislocazione della Pusteria, nonchè del contatto primario fra queste masserelle eruttive e la dolomia triassica della « zona della Drava » ecc. D'importanza generale è l'affermazione che durante il Paleozoico superiore l'intera zona pennidica delle Alpi fu energicamente ripiegata dall'orogenesi ercinica e doveva quindi costituire un sistema di catene montuose non inferiori a quelle che contemporaneamente si elevavano nei settori elvetici e austrodinarici.

Degni di nota sono pure gli studi di « petrografia strutturale » e di « petrotettonica », la nuova scienza creata da B. Sander e da W. Schmidt, la quale ha di fronte a sè amplissimi orizzonti in quel vasto e complesso campo di

ricerche che sta al limite fra la Geologia e la Mineralogia. Già da molti anni il Sander aveva applicato i precisi metodi statistici dell'analisi strutturale allo studio delle rocce scistoso - cristalline degli Alti Tauri e dell'Alto Adige centrale, ricavandone conclusioni di capitale importanza, soprattutto per quanto riguarda i rapporti fra deformazione tettonica e cristallizzazione metamorfica. In questi ultimi anni Andreatta pubblicò una serie di interessanti lavori sulle strutture di numerose rocce dell'Alto Adige, in particolare dell'Ortles, nonché di altre parti delle Alpi. Egli coadiuvò altresì Bianchi nella rigorosa, definitiva dimostrazione che l'ortogneiss dei Tauri è in realtà uno scisto cristallino, vale a dire una roccia metamorfica, e non già una roccia eruttiva indeformata, come ritenevano a torto parecchi Autori stranieri. Notevole importanza ha poi la sua recente memoria sulla formazione gneissico - kinzigitica della Valle d' Ultimo, specialmente perchè essa addita la via da seguire nello studio dei terreni polimetamorfici, quando se ne voglia ricostruire la complessa storia geologica e tentare un abbozzo di ordinamento stratigrafico.

L'attenzione dei geologi italiani si rivolse anche a quelle masse intrusive, prevalentemente granitiche e tonalitiche, che, per la loro particolare distribuzione, meritavano dal Salomon l'appellativo di « periadriatiche ». Già verso la fine del secolo scorso il Becke aveva intravisto e pochi anni dopo il Salomon aveva affermato che i massicci intrusivi dell'Adamello, di Bressanone, di Predazzo, di Cima d'Asta, delle Vedrette di Ries, del Bacher, di Eisenkappel ecc., dovevano essere di età recente. In altre parole, secondo il Salomon, le masse granulari periadriatiche andavano riferite al Terziario inferiore o, al più, al Cretaceo superiore. Steinmann, Cornelius e Staub affermarono l'età recente, terziaria, del massiccio di Bregaglia - Val Masino, riconoscendo che l'intrusione era avvenuta dopo i grandi fenomeni di ricoprimento tetto-

nico. Nelle Alpi occidentali il Novarese constatava l'età recente della sienite di Biella e della diorite di Traversella.

Nel triennio 1908 - 1910 il Salomon pubblicava la sua fondamentale monografia geologica sull'Adamello, mentre C. Riva e G. B. Trener illustravano il massiccio dal punto di vista petrografico. Spitz, Cornelius e G. Dal Piaz ricercavano i rapporti fra l'intrusione dell'Adamello e il ripiegamento alpino, giungendo a conclusioni che confermavano pienamente le idee del Salomon.

Nella sua grande opera sulla struttura delle Alpi, comparsa nel 1924, R. Staub negò l'età recente dei massicci di Monte Croce - Ivigna - Bressanone e delle Vedrette di Ries, sostenendo che questi plutoniti erano paleozoici e appartenevano alle radici dei ricoprimenti austroalpini. Due anni più tardi Giorgio Dal Piaz scopriva numerosi nuclei tonalitici allineati a rosario lungo la linea delle Giudicarie in Val di Sole e in Val di Non, portando così le prove definitive per attribuire il massiccio di Bressanone - Ivigna - Monte Croce a quel medesimo ciclo eruttivo terziario a cui appartiene il plutonite dell'Adamello. Ulteriori documenti a dimostrazione dell'età recente dei massicci di Bressanone e delle Vedrette di Ries furono recati da Giambattista Dal Piaz, che tra l'altro riuscì a scoprire il contatto primario fra un piccolo nucleo tonalitico della Pusteria e la dolomia triasica della « zona della Drava ».

Pochi anni or sono comparve la grande Carta geologica alla scala 1:25000 del classico distretto eruttivo di Predazzo e Monzoni, rilevata da S. Vardabasso. Questo Autore tentò di dare una spiegazione dei complessi fenomeni magmatici che si osservano in Val di Fassa, e si pronunciò a favore dell'età recente, terziaria, delle masse intrusive di Predazzo e dei Monzoni.

Recentemente A. Bianchi e Gb. Dal Piaz pubblicarono i primi risultati degli studi geologico-petrografici da

essi compiuti nell'Adamello meridionale, assieme alla Carta geologica molto dettagliata del settore compreso fra il Caffaro e lo Stabio.

Il vigoroso rifiorire degli studi geologici nelle Tre Venezie durante l'ultimo ventennio, soprattutto ad opera di studiosi italiani, è in parte notevole dovuto al felice spirito di cooperazione che esiste fra la R. Università di Padova e il R. Magistrato alle Acque di Venezia. Fu così possibile provvedere al nuovo e sistematico rilevamento geologico delle Venezie, finanziato dal R. Magistrato alle Acque e diretto per la parte scientifica dall'Istituto Geologico di Padova. I nuovi rilievi consentirono di pubblicare, oltre a parecchie carte speciali, anche numerosi fogli della « *Carta Geologica delle Tre Venezie* » alla scala 1:100000. Quest'opera, ormai non lontana dal suo totale compimento, è stata riconosciuta dal R. Ufficio Geologico come « ufficiale » e destinata ad integrare la Carta Geologica d'Italia per il territorio delle Venezie. Ad essa collaborarono e collaborano tutt'ora numerosi geologi italiani e alcuni stranieri, quali C. Andreatta, A. Bianchi, B. Castiglioni, A. Cavinato, A. Cozzaglio, Giorgio e Giambattista Dal Piaz, C. D'Ambrosi, A. Desio, A. De Toni, R. Fabiani, M. Fenoglio, E. Feruglio, M. Furlani-Cornelius, M. Gortani, W. Hammer, Kossmat, P. Leonardi, T. Lipparini, G. Merla, F. Sacco, B. Sander, G. B. Trener, L. Trevisan, S. Vardabasso, S. Venzo, P. Vinassa de Regny, A. Winkler, S. Zenari.

Dal 1924, anno nel quale era uscita la grande memoria di Staub sulla struttura delle Alpi, fino ad oggi gli studi di geologia alpina hanno fatto così rapido e notevole progresso da poter mutare, spesso in modo radicale, molte delle più importanti conclusioni a cui erano giunte le precedenti sintesi tettoniche. Un eccellente libro, che riassume e passa al vaglio di una sagace critica i risultati delle ricerche compiute negli ultimi lustri, è la *Geologie der*

Schweizeralpen » di Joos Cadisch, pubblicata nel 1934. Ma i progressi della nostra Scienza non conoscono soste e anche in questi ultimi tre anni si sono avute parecchie novità sensazionali. Lo stesso Staub si è fatto iniziatore di una profonda revisione di molte idee sviluppate nel suo « *Bau der Alpen* », specialmente per quanto riguarda le zone pennidiche e austroalpine. Egli ha tra l'altro affermato che il ricoprimento del M. Rosa forma tutt'uno con quello del Gran S. Bernardo, costituendo insieme il nuovo gigantesco ricoprimento dei Mischabel. Importanti modificazioni egli ha inoltre apportato ai parallelismi che aveva in precedenza istituito fra i ricoprimenti pennidici delle Alpi Occidentali e quelli del Ticino, dei Grigioni e degli Alti Tauri.

Ultimamente Gb. Dal Piaz ha pubblicato una collana di lavori sulla struttura geologica delle Austridi, modificando le precedenti concezioni relative a questi grandi elementi tettonici. Secondo Dal Piaz il ricoprimento austroalpino medio di Staub non esiste come unità indipendente, formando tutt'uno con quello superiore. La supposta immensa falda stiriana è del pari inesistente e i ben noti lembi di ricoprimento di Steinach al Brennero, di Murau, di Graz ecc., anzichè rappresentare altrettanti *Klippen* dinarici, formano delle semplici digitazioni dorsali del sistema austroalpino. I massicci intrusivi di M. Croce - Ivigna - Bressanone e delle Vedrette di Ries sono recenti, terziari, e non possono quindi costituire le radici dei ricoprimenti austroalpini superiori; conclusione che ora, modificando le sue vecchie opinioni, anche lo stesso Staub accetta. Nelle Alpi Orientali, le Austridi sono costituite esclusivamente o quasi dai ricoprimenti austroalpini superiori, giacchè nella finestra dei Tauri sembrano far difetto o essere per lo meno ridottissimi gli elementi inferiori delle Austridi. Alla stessa guisa Gb. Dal Piaz si dichiara decisamente contrario agli esagerati parallelismi

tettonici istituiti dallo Staub, il quale vorrebbe seguire lo stesso ricoprimento da un capo all'altro della Catena, su distanze quindi di molte centinaia di Km.

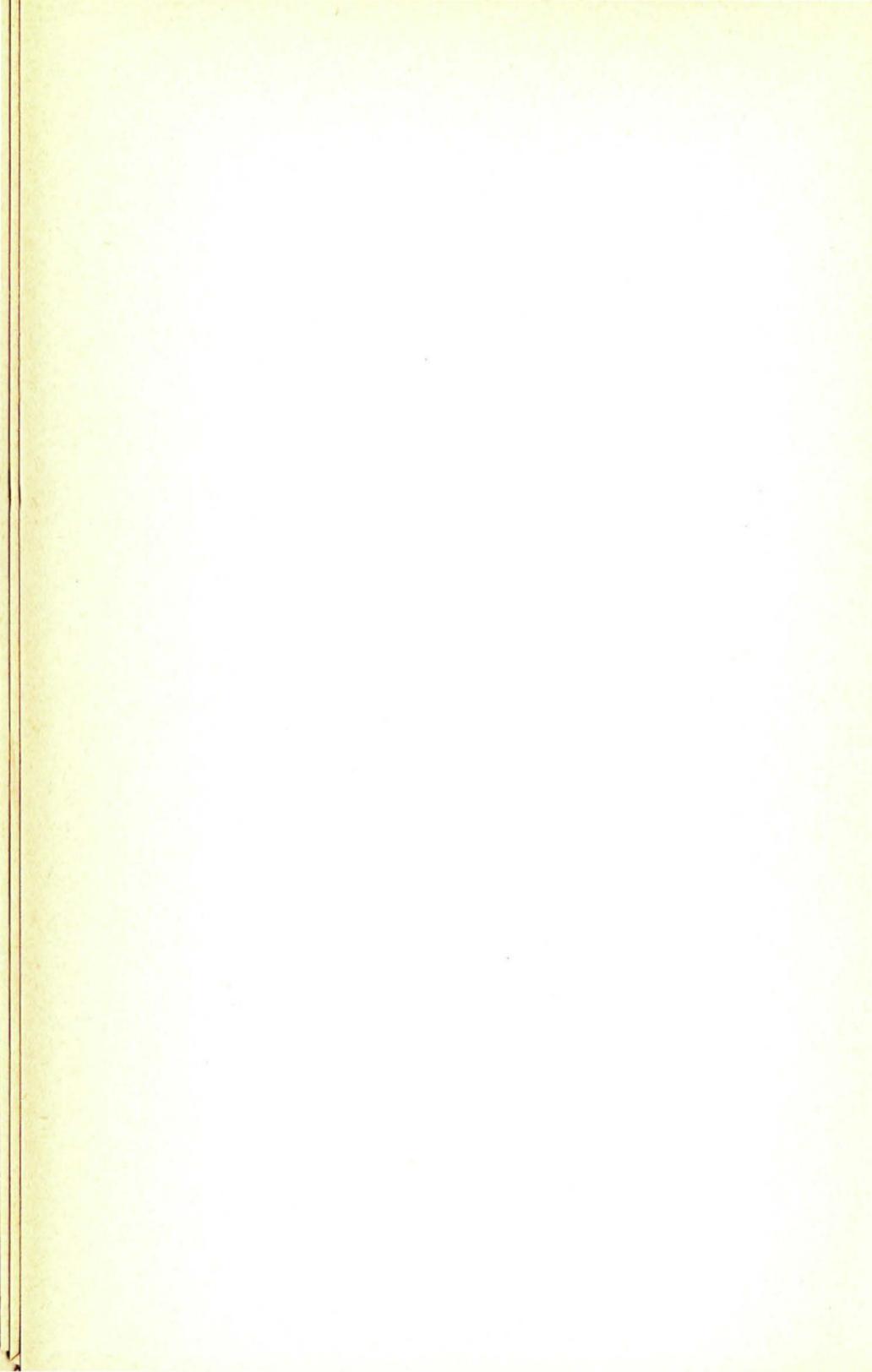
Da qualche anno la Commissione Geologica Elvetica, sotto l'abile presidenza del prof. A. Buxtorf, ha cominciato a pubblicare i primi fogli dell'*Atlante geologico della Svizzera*, alla scala 1:25000. Tale opera, veramente ammirevole per la precisione e il dettaglio del rilevamento geologico nonchè per la finezza tecnica della stampa, dimostra due cose: anzitutto l'altissimo livello a cui è giunta la scienza svizzera e in secondo luogo l'immane lavoro che rimane ancora da compiere per portare le nostre conoscenze geologiche sulle Alpi al grado di perfezione raggiunto in queste carte a grande scala. La visione dell'immensità dei compiti futuri non mancherà certo di attirare i geologi alpini, avvezzi a procedere per le vie aspre e difficili del monte. Ed è sperabile che fra i novelli studiosi delle Alpi siano numerosi anche i giovani italiani, i quali sappiano tener alta la nobilissima tradizione dei loro Predecessori e Maestri.

Abbiamo così concluso la nostra rapida rassegna sullo sviluppo del pensiero scientifico nei riguardi dell'interpretazione geotettonica delle Alpi. Da essa risulta come l'idea dell'esistenza dei grandi fenomeni di ricoprimento nella Catena alpina abbia cominciato a germogliare durante la seconda metà del secolo scorso, per poi crescere ed affermarsi, malgrado opposizioni spesso aspre e tenaci, nei primi anni del corrente secolo, fino a trionfare completamente con la forza della verità in questi ultimi lustri, ogni giorno più perfezionata e liberata dagli errori e dalle esagerazioni che necessariamente accompagnano il sorgere di ogni nuova concezione scientifica. La nostra rassegna ha voluto inoltre mostrare quanto vasto e importante sia stato il contributo arrecato dagli studiosi italiani alla soluzione dei più ardui problemi di geologia alpina;

contributo di osservazione rigorose, di critiche sagaci e non di rado anche di ingegnose concezioni e di larghe sintesi, per cui essi hanno così altamente meritato della Scienza e della Patria.

IV.

LA MORFOLOGIA TERRESTRE
NEI SUOI RAPPORTI CON LA GEOLOGIA
(a cura di G. NANGERONI)



1) *Generalità*

Un problema che si affaccia spesso alla mente di chi è oramai bene avviato nella conoscenza, soprattutto pratica, della geologia è il seguente: quali rapporti vi sono tra la struttura di un territorio e la topografia odierna di questo? Fino a qual punto ed in quali condizioni la struttura tettonica - litologica influisce sulle forme topografiche del rilievo e cioè sulla origine e sulla evoluzione degli elementi fondamentali del rilievo nelle sue forme elementari (forme verticali concave, convesse e piane; forme orizzontali) e nei valori dimensionali, angolari e altimetrici di queste? Ad ogni movimento tettonico, cioè strutturale, corrisponde un analogo movimento topografico, sempre o solo in quali casi particolari? Ed anche quando non vi è una corrispondenza diretta, si può notarne almeno una indiretta?

La scienza che studia i problemi inerenti alle forme superficiali della Terra, e soprattutto alla origine di esse, chiamasi *morfologia terrestre* o *geomorfologia*.

Se per geologia dobbiamo intendere, come comunemente s'intende, lo studio della storia dei fatti che hanno condotto a quella particolare struttura di cui è costituito un territorio, è ovvio che la geomorfologia, poichè esamina solo le forme superficiali, debba rientrare nelle scienze geografiche piuttosto che in quelle geologiche. E'

tuttavia innegabile che alla geologia è strettamente legata: sia perchè a questa fornisce gli elementi fondamentali per lo studio delle variazioni morfologiche intervenute in periodi antichissimi e rimaste, si direbbe, fossilizzate, perchè in seguito mascherate da ricoprimenti o comunque da posteriori fenomeni orogenetici endogeni; sia perchè alla soluzione completa dei problemi di geomorfologia non è possibile giungere se non attraverso la conoscenza della struttura dei territori (compito della geologia che sintetizza gli elementi forniti per lo meno dalla litologia, dalla tettonica e dalla paleontologia) oltrechè, s'intende, dal dinamismo esogeno che su quella struttura ha lavorato. Perchè, a voler ben considerare, le forme del terreno in ogni momento della loro evoluzione, sono il risultato della lotta tra i fenomeni endogeni di orogenesi (soprattutto: piegamenti, sollevamenti di blocchi orizzontali, fagliamenti) e i fenomeni esogeni nelle loro attività estreme di erosione e di sedimentazione; i primi che tendono solo a raggiungere un equilibrio di masse nel geoide, gli altri che tendono invece in prevalenza a raggiungere un equilibrio puramente dimensionale, ad ottenere cioè, attraverso la erosione e la sedimentazione, la forma pianeggiante.

L'influenza più evidente di un movimento endogeno di qualunque tipo che abbia spostato i vari lembi di un territorio, originariamente piano, ad altezze diverse, è la presenza di convessità e di conche topografiche. La catena alpina deve la sua origine fondamentale al sollevamento di un lungo fascio di pieghe; la conca padana, invece, ad un abbassamento in corrispondenza dell'incurvamento appenninico-alpino nella sacca piemontese. Ma nulla delle primitive forme superficiali rispecchianti la struttura alpino-padana è rimasto, perchè l'attività degli agenti esogeni si è manifestata da una parte con un intenso smantellamento della superficie strutturale sollevantesi, fino a derivarne le aspre forme alpine attuali, dall'altra con un

grandioso riempimento della conca abbassantesi, fino al colmamento odierno.

Perciò, se è vero che ogni grande rilievo ed ogni grande fossa, come tali, sono dovuti a fenomeni tettonici, non è detto che sia sempre vera la reciproca, che cioè ad ogni fatto tettonico corrisponda un analogo fatto topografico: l'esogenismo può avere eliminata ogni emergenza o colmata ogni depressione. La durata della traccia diretta che i fenomeni orogenici possono lasciare sulla morfologia superficiale è in funzione diretta della loro grandiosità e in funzione inversa dell'attività esogenica, rappresentata questa soprattutto dalle acque. Ne consegue che i rapporti diretti tra morfologia e struttura a parità di altre condizioni sono meglio constatabili nelle regioni aride e giovani. Ma se il fenomeno endogeno procede tanto lentamente da venire quasi pareggiato dall'attività spianatrice degli agenti esogeni, ecco che di esso in superficie rimane non più una traccia diretta bensì solo una traccia indiretta, in quanto le diverse qualità di rocce aventi gradi diversi di erodibilità e offrentisi nelle più diverse posizioni, soggette all'erosione danno origine a topografie che solo lontanamente riescono talora a tradire la primitiva struttura superficiale oramai smantellata; siamo dinanzi a forme che, se non sono dovute direttamente alla struttura, sono però dovute in parte agli elementi di questa e cioè alla natura delle rocce costituenti e al grado di inclinazione di queste; e le forme superficiali rispecchieranno tanto meglio la struttura che viene messa a giorno continuamente dall'erosione, quanto più questa è la regolare prosecuzione in profondità di quella superficiale.

Potremo quindi considerare separatamente i due casi fondamentali e cioè: I° le influenze generali e dirette della struttura sulle forme del terreno; II° le influenze indirette in rapporto al modo di comportarsi dei vari tipi di rocce, per sè e per il modo come sono disposti i loro strati, all'erosione esogena.

In Italia la geomorfologia, intesa nel senso più completo come lo studio specifico dei risultati della lotta tra agenti endogeni ed esogeni, ha solo un cinquantennio di vita; anzi dal punto di vista metodico sorge solo con il nostro secolo. Nel secolo XIX troviamo, nei trattati fondamentali del Pilla L. (*Trattato di Geologia*, Pisa, 1847-51), dello Stoppani A. (*Note a un corso annuale di geologia*, Milano, 1871-73), dell'Issel A. (*Compendio di Geologia*, Torino, 1896), del Porro C. (*Trattato di geografia militare*), poi del Parona C. F. e del De Marchi L., sparsi accenni e anche interi capitoli e paragrafi sulle forme del terreno in rapporto alla geologia; ma a questi argomenti non viene data in genere molta importanza, come la geologia del secolo scorso non ha mai dato molta importanza allo studio delle formazioni quaternarie; uniche eccezioni: il Pareto L. che si occupò del genovesato (*Descrizione di Genova e del genovesato*, 1846) e lo Stoppani A. al quale si deve, come è noto, oltre il primo studio completo del quaternario in Italia, forse il primo studio di morfologia comparata (*Parallelo fra i due sistemi delle Alpi e del Libano*). I geografi in quegli anni si dedicavano quasi unicamente a quella che è la geografia descrittiva ed il campo della geomorfologia era lasciato esclusivamente ai geologi; le conseguenze si osservano nei trattati di geologia anche alquanto recenti i quali contengono spesso come parte preponderante alcuni capitoli di geografia fisica e di geomorfologia.

Notevole è tuttavia un lavoro apparso nel 1889 in cui il Verri A. espressamente tratta dei rapporti tra *Geologia* e *Topografia*. Col Taramelli T., insigne allievo dello Stoppani, si ha realmente l'inizio della geomorfologia in Italia; e il suo *I Tre Laghi* costituisce un piccolo capolavoro del genere. E' pure di questi tempi il lavoro del De Lorenzo G. *Studi geologici nell'Appennino Meridionale*, in cui si tenta, tra l'altro, di connettere i fatti morfologici con quelli geologici.

Verso gli albori del nuovo secolo incominciano la loro attività in questo campo due insigni naturalisti che, dopo un gran numero di preziosi lavori di analisi e di comparazione, danno all'Italia i capolavori della geomorfologia, e cioè: il Rovereto G., che nel 1922-24 pubblica il *Trattato di Geologia Morfologica*, e il Marinelli O., del quale negli stessi anni esce il prezioso *Atlante dei tipi geografici*. Queste due opere sono fondamentali e costituiscono delle pietre miliari per gli studi nazionali di morfologia terrestre.

Recentissimo e riassuntivo è un bel volumetto del De Ambrosi D. che tratta delle *Influenze della tettonica, della litologia e del vulcanesimo sul terreno* e che fa parte di una serie di studi di geografia militare.

Il Dainelli G. per l'Enciclopedia Italiana ha steso la voce *Morfologia* ricca di importantissimi dati.

2) *Influenze generali e dirette della struttura sulla topografia*

La causa fondamentale di ogni grande movimento topografico è un movimento tettonico; i grandi rilievi e le grandi fosse, non nelle loro forme particolari, ma nella loro essenza, debbono la loro origine a fenomeni strutturali tettonici.

E' noto come i tre tipi fondamentali di struttura siano: la *struttura a pieghe*, la *struttura orizzontale* e la *struttura a faglie*.

1) La *struttura a pieghe* dà origine a catene, cioè a rilievi molto più lunghi che larghi, perchè analoga è la disposizione delle pieghe e dei fasci di pieghe.

Gli esempi di ciò si hanno nelle due grandi catene di più recente costruzione, circumpacifica e circummediterranea, che si allungano in corrispondenza dell'allungarsi dei fasci di pieghe. Altrettanto non si può dire per i monti strutturalmente costituitisi nelle fasi orogenetiche

anteriori al terziario (huroniana, caledoniana, erciniana) perchè la erosione subìta fino all'insenilimento topografico ha fatto perdere le tracce anche più generali della struttura superiore oramai eliminata. L'esame delle forme in questi rilievi rientra perciò nel secondo punto.

2) La *struttura orizzontale* dà invece origine a rilievi tabulari, inteso questo termine nel senso non di semplice spianata rocciosa, più o meno elevata rispetto al livello del mare, ma di spianata i cui strati rocciosi manifestano ancora la tipica disposizione orizzontale primitiva, simili in ciò a tante tavole. I rilievi tabulari sono veri e propri altipiani dalle dimensioni e contorno poligonale più vario, perchè anche la loro struttura non deriva da costipamento, ma solo da sollevamento di masse; tali sono gli altipiani tabulari dell' A. O. I., anzi di quasi tutta l'Africa (salvo cioè la catena dell' Atlante che fa parte della catena circummediterranea), dell' Arabia e del Decan. E altopiano non è sinonimo di regione tabulare. Infatti se una regione piegata, come quella alpina, raggiungesse la fase senile e poi si sollevasse in blocco, verrebbe a costituire sì un altopiano, ma non mai un altopiano tabulare.

3) La *struttura fagliata* dà origine (finchè le forme esteriori non vengano cancellate dall'attività esogena) a gradini, a fosse e a rilievi. Sono dovuti direttamente a struttura fagliata: la fossa dei laghi Galla nell' A. O., la fossa del Mar Rosso e quelle del Lago Tanganica, del Lago Niassa, del Giordano - Mar Morto ecc.

Quando si parla d'influenza morfologica di regioni fagliate si usa quasi sempre solo portare esempi ricavati da regioni a struttura orizzontale. Tale metodo, che fondamentalmente è esatto perchè quasi solo nelle regioni morfologicamente tabulari si trovano sicuri esempi di corrispondenza tra tettonica fagliata e morfologia, potrebbe far ritenere ad alcuno che le regioni a struttura piegata non abbiano faglie; mentre così non è; le pieghe della catena alpina sono quasi sempre interessate da faglie alcu-

ne delle quali di valore enorme. Però là dove i blocchi hanno strati ancora orizzontali, gli spostamenti dei singoli blocchi furono prevalentemente verticali; qui, invece, dove le rocce sono piegate prevalgono scorrimenti obliqui, determinando solchi strutturali lunghi e stretti; e perciò, a parità di tempo disponibile, nel primo caso gli agenti esogeni, o meglio le correnti fluviali (causa fondamentale di ogni grande modificazione delle tracce di dislocazioni strutturali), non hanno fatto altro che modellare solo nei più piccoli particolari il salto, senza poterlo eliminare, mentre nel secondo caso facilmente in corrispondenza di un solco di faglia ha potuto prendere posto una corrente fluviale che ha tanto profondamente modificato il solco stesso da rendere molto dubbia una definitiva e sicura risposta, se cioè quel solco sia dovuto, anche nelle origini, a faglia o a erosione.

4) E' rarissimo il caso che nelle regioni a pieghe, anche quando le pieghe siano molto regolari, molto recenti, molto basse, e formatesi in superficie continentale, che vi sia una perfetta *corrispondenza* altimetrica e morfologica tra anticlinali e colline da una parte e sinclinali e avvallamenti dall'altra; un esempio di quasi perfetta corrispondenza vi è ancora tra alcuni elissoidi tettonici recenti e le colline dell'alta pianura friulana ai piedi delle prealpi omonime. Ma in generale quando anche esista, riesce difficile stabilire se la causa della forma sia precisamente la struttura. Spesso poi la *corrispondenza* è falsa, soprattutto quando si riconosca che le formazioni delle pieghe non sono tutte quelle che esistevano agli inizi della fase di erosione, bensì ne manca qualcuna che oramai venne eliminata, per cui l'attuale superficie della piega non corrisponde a quella primitiva.

E' invece molto frequente il caso di *morfologia invertita rispetto alla tettonica*, caso tanto più classico quanto più la piega è regolare; si tratta cioè di valli scavate in corrispondenza dell'asse di anticlinali regolari e di sincli-

nali emergenti a costituire rilievi, insomma di anticlinali sventrate e di sinclinali topograficamente sollevate. E' ovvio che ciò debba spesso avvenire perchè è soprattutto in corrispondenza dell'anticlinale, più elevata com'è rispetto al livello di base, che si manifesta maggiormente l'erosione idrica a preferenza che nella sinclinale. Il fenomeno è anche più comune quando le pieghe si sono formate emergendo dallo specchio del mare per cui vi fu fin dai primordi vivo contrasto tra l'erosione delle anticlinali emergenti e la colmatura delle sinclinali interposte, e quando il nucleo dell'anticlinale è costituito di rocce molto erodibili mentre la cortecchia della sinclinale è costituita di roccia molto compatta, o addirittura carsica.

Un'anticlinale svuotata lungo l'asse si manifesta come un lungo elissoide occupato nel mezzo da un solco longitudinale avente i versanti interni che si guardano, generalmente più aspri di quelli esterni; opposta è invece la forma di una sinclinale parzialmente svuotata e sospesa: pendii interni a declivio generalmente più dolce di quelli esterni. Gli esempi più noti si trovano sul Giura franco-svizzero e nel Sahara algerino ai limiti dell'Atlante.

La struttura alpina è talmente complicata da renderne difficile una chiara esemplificazione. Invece qualche esempio venne portato per gli Appennini e per le Prealpi.

5) Se una regione dopo aver subito un primo smantellamento va soggetta ad un fenomeno così detto di epirogenesi cioè di ripiegata, vale a dire ad un nuovo generale incurvamento, essa viene modificata per lo meno nell'altimetria del suo rilievo. Così nell'Appennino ligure lo spostamento delle cime più alte molti chilometri a Nord della linea spartiacque si può lecitamente supporre dovuta a incurvamento postpliocenico di questo tronco appenninico con sollevamento a Nord dello spartiacque pliocenico-attuale.

Il Dainelli G. è uno dei primi che tratta espressamente la questione della corrispondenza diretta tra pieghe

e morfologia: in special modo nei suoi lavori già citati sulla parte meridionale del Capo S. Maria di Leuca e sull'Eocene friulano. Notevole è anche un lavoro dell'Ugolini R. che discute con profondità di concetti sull'indice di evoluzione dei rilievi tettonici e sull'età relativa delle loro pieghe. Il Desio A. in un recente lavoro, importante soprattutto per il metodo seguito e per la parte conclusiva, sull'orografia del bacino del Fella in rapporto con la costituzione geologica, giunge alla conclusione che, nella regione esaminata, fra tettonica e morfologia non vi è se non un rapporto indiretto, e cioè avuto riguardo al grado di erodibilità delle rocce.

Importanti sono le ricerche del Dainelli G. e Marinelli O. soprattutto nel caso nostro per ciò che riguarda i rilievi a tavolato, contenuti nel già citato lavoro sulla Colonia Eritrea.

Recenti lavori sono quelli del Dainelli G. e della Videssott P. sul mare pliocenico nella Toscana meridionale, del Sestini A. sullo stesso argomento, del Minucci E. sul mare pliocenico nella Campania, del D'Erasmus sul mare pliocenico nelle Puglie, del Castiglioni B. che ha fatto ricerche geomorfologiche nei terreni pliocenici dell'Italia centrale, del Villa G. M. che ha studiato geomorfologicamente il territorio marchigiano compreso tra il Potenza e l'Esino. Essi dimostrano che il sollevamento dei depositi marini pliocenici nell'Appennino non ha avuto valori eguali dovunque, bensì con variazioni anche di 400-500 metri su lunghezze di soli 10-12 km.; ne consegue che anche le sommità possono avere assunte nuove altimetrie diverse. Il Sestini A. nel suo studio sulla discordanza tra orografia e idrografia nell'Appennino ligure molto opportunamente basandosi su queste ricerche, conclude che lo spostamento delle cime più alte della linea spartiacque a regioni più interne nell'Appennino ligure può e fu dovuto al fatto accennato più sopra.

3) *Influenze indirette della struttura sulla topografia*

Quando l'erosione ha iniziato la sua opera di scolpimento sulla superficie strutturale quale è data dalla tettonica superficiale, non si può parlare che di influenze indirette della struttura sulla topografia e cioè in rapporto al venire a giorno dei vari tipi di roccia, avuto riguardo soprattutto al loro grado intrinseco di degradabilità e al modo come sono disposti i loro strati. Può darsi che, anche in questa fase, la direzione delle grandi vallate (e perciò anche delle grandi catene) sia in rapporto alle pendenze e alle depressioni tettoniche primitive più superficiali. Ma nulla si può dire con sicurezza su ciò: quando la struttura profonda non ha nulla a che fare con quella venuta prima a contatto con gli atmosferili; quando la regione è andata emergendo con tale lentezza dallo specchio marino che l'ulteriore azione degli atmosferili ha lavorato sopra una superficie iniziale che non era già più quella strutturale, bensì quella preparata dall'abrasione marina; quando il rilievo ha già subito una fase di insenilimento per cui l'erosione esogena lavora oramai sopra una superficie per nulla coincidente con quella strutturale; tutti casi che forse si trovano associati nella catena alpina: struttura complicata, forse abrasione marina primitiva, semispianamento molto anteriore al quaternario. Che le Alpi abbiano già raggiunto nel tardo terziario uno stadio di maturità se non di insenilimento, è dimostrato abbondantemente dalla relativa uniformità di altitudine di vette vicine (nonostante la loro diversa struttura) e in alcuni casi anche dalla forma spianata di alcune vette in contrasto con la struttura a lastroni obliqui o verticali (alcune cime presso la Croda Rossa di Ampezzo) (1).

(1) Per comodità di studio si suppone spesso che l'endogenia e l'esogenia operino in tempi distinti: la prima prepara il terreno e quando questo è stabilizzato inizia il lavoro la seconda. Ma ciò è quanto mai inesatto. Si può lecitamente supporre, anzi, che molte pieghe ri-

Tra gli agenti esogeni modificatori della superficie terrestre, sei hanno grande importanza e sono quelli che nella loro attività modificatrice, soprattutto erosiva, debbono fare i conti con la struttura con la quale vengono a contatto. Essi sono: il gelo, l'alternare variare della temperatura, l'azione chimica delle acque, i fiumi, i ghiacciai, il mare. I primi tre agiscono su grandi superfici e si riassumono nell'*azione meteorica generale* (con effetti prevalentemente fisici i primi due, chimici il terzo); il quarto e il quinto, secondo una linea inclinata, più o meno grossa che va sempre più in profondità; il sesto, secondo una linea orizzontale più o meno tortuosa, che è la linea di spiaggia. In alcuni casi la distinzione dei loro effetti è evidente, ma in altri casi riesce molto difficile, e ciò può indurre in errore anche sul valore da attribuire alla struttura sul modellamento. Così un terrazzo roccioso scavato in roccia tenera può essere frutto di semplice azione meteorica che fa regredire i versanti d'un monte determinando forme che sono in diretto rapporto con il grado di erodibilità delle rocce; od anche frutto di escavazione d'un torrente che lì è sostato nella sua azione d'approfondimento perchè aveva raggiunto il suo profilo d'equilibrio locale o generale. Nel primo caso, l'origine fondamentale del terrazzo va ricercata nella qualità della roccia, nel secondo, invece, nella bassa altitudine raggiunta dall'antico solco vallivo di cui il terrazzo in parola è un piccolo lembo testimonio, rispetto al livello di base.

a) INFLUENZA DELLE ROCCE SUL MODELLAMENTO.

Che il grado di erodibilità delle rocce abbia grande influenza sul modellamento, è ovvio: le dolci movenze

costruite dai geologi non siano mai esistite in realtà complete con la forma che generalmente si suppone avessero prima della loro parziale distruzione, perchè mentre andavano formandosi, l'erosione le veniva distruggendo: così dicasi per molte faglie la cui attività di scorrimento può essere andata di pari passo con l'attività di erosione esogena.

delle colline senesi e del Monferrato scavate nelle tenere argille sono ben diverse dalle forme aspre e dirute delle cime e dei dossi costituiti di compatto calcare (Alpi Apuane), di macigno (Appennino tosco-emiliano) o di compatto serpentino (Appennino ligure). Non si deve mai dimenticare però che di duro granito sono costituite e le dentellate guglie del Monte Bianco e la tondeggiante vetta del Mottarone (Lago Maggiore).

Perchè a determinare quella data forma, l'agente esogeno che ha lavorato è vario e anche la durata del lavoro può essere varia. Su identiche qualità di roccia e struttura gli agenti meteorici fisici (gelo, calore solare) lavorano in modo diverso dai ghiacciai (e anzi delle varie parti di un ghiacciaio), dei fiumi, degli agenti chimici ecc., cosicchè le forme variano anche a seconda del clima (umido o secco, caldo, freddo e vario) e della pendenza del suolo com'è preparata soprattutto dai fenomeni endogeni. Tutte cose da tenere presenti nell'esame dei problemi di geomorfologia. Inoltre, mentre la geologia classifica le rocce partendo da un criterio genetico (rocce sedimentari, vulcaniche, metamorfiche) il morfologo deve tenere conto piuttosto di classificazioni basate sul grado di degradabilità o meglio sulle loro proprietà fisiche e chimiche. Si potrà parlare così molto opportunamente di rocce compatte (conglomerati) e sciolte (ghiaie), di rocce omogenee (marmi cristallini) ed eterogenee (graniti), di rocce permeabili (conglomerati vacuolari, calcari fessurati) e impermeabili (argille), di rocce solubili (gessi, calcari puri, sale) e insolubili (graniti), dure (quarziti) e tenere (serpentine), di rocce stratificate (calcari marnosi) e massicce (alcuni graniti). Quest'ultima suddivisione ha una grande importanza perchè il maggiore o minor grado di stratificazione, qualunque sia l'origine di questa, determinando un maggiore o minor numero di superfici di penetrazione dell'acqua, influisce direttamente e profondamente sul grado di erodibilità; inoltre influisce indirettamente per-

chè sono soprattutto le rocce stratificate che si mostrano più regolarmente clivaggiate, e per ogni strato i due piani di clivaggio spessissimo sono perpendicolari fra loro e allo strato stesso; quindi, con tale regolarità di struttura i fenomeni di modellamento riescono altrettanto regolari anche su grandi superfici.

b) INFLUENZA DELLA INCLINAZIONE DEGLI STRATI
SUL MODELLAMENTO.

Già si è detto che quasi tutte le rocce sono stratificate perchè anche quelle comunemente chiamate massicce (graniti recenti dalle val Másino ecc.) vennero poi assoggettate a tali fenomeni di compressioni da avere subito una laminazione, sia pure spesso alquanto grossolana. Inoltre tutte sono regolarmente clivaggiate in modo che i piani di clivaggio sono perpendicolari fra loro e alla stratificazione (calcari), o alquanto obliqui (56° - 60° rispetto al piano di stratificazione in alcuni porfidi e nelle dolomie), o tali da determinare caratteristici prismi colonnari, come avviene nelle lave basaltiche dell'Etna (scogli dei Ciclopi, gole dell'Alcántara), nelle lave andesitiche e spesso anche in quelle porfiriche nella regione atesina (Bullaccia in val Gardena, solco di val d'Ega); le colonne sono però sempre perpendicolari al pendio della colata. La stratificazione ed il clivaggio hanno grande importanza nel modellamento perchè le soluzioni di continuità così determinate costituiscono zone di minore resistenza agli agenti degradatori; e poichè il clivaggio è quasi sempre perpendicolare alla stratificazione si può, per semplicità di esposizione, parlare anche solo di questa. Si possono quindi esaminare i tre casi fondamentali: strati orizzontali, strati leggermente inclinati, strati verticali. Dall'esame di queste forme elementari si passa facilmente alla considerazione di forme composte per le quali valgono le stesse osservazioni che per i casi elementari. Escludiamo inoltre

dalle nostre considerazioni il caso di rilievi costituiti di sole rocce molto erodibili, perchè le forme derivate, salvo le giovanissime, hanno pendenze sempre morbide. Ci soffermeremo invece soprattutto sui casi di rocce resistenti o di pacchi di rocce alternativamente resistenti ed erodibili. Inoltre per ognuno sarà opportuno esaminare separatamente le forme derivate dalla degradazione meteorico-fisica, dal solcamento torrentizio e torrentizio-meteorico, dall'attività glaciale e dall'attività del mare sulle coste.

I° *Strati orizzontali*. — La disposizione orizzontale, poichè mette sotto l'erosione un sol tipo di roccia, facilita il mantenimento della forma tabulare nei particolari e nelle linee generali (Rio Colorado, Altipiani dell'A. O., Dolomiti), e questo soprattutto quando la copertura superficiale è data da rocce assorbenti (calcari, conglomerati grossolani) per cui viene impedita la formazione di un discreto reticolo superficiale, causa fondamentale dello smembramento del rilievo. Le valli manifestano frequenti terrazzi laterali in roccia viva, tra loro facilmente coordinabili altimetricamente, alcuni dei quali sono dovuti a fenomeni ciclici di erosione normale torrentizia, ma in gran parte solo a normale arretramento di versanti sui quali affiorano rocce aventi diverso grado di erodibilità. Il profilo a gradinata che si nota su tali versanti si rispecchia anche longitudinalmente lungo il fondo valle con alternanza di tratti pianeggianti (rocce tenere) e di tratti ripidissimi (rocce resistenti) talora intagliati a forra. Durante l'evoluzione e nei singoli tratti, se prevale l'attività erosiva del torrente, il solco è stretto e a forra dove la roccia è resistente, più ampio altrimenti; se invece è intervenuta anche la degradazione meteorica, il solco in roccia compatta diviene più ampio, ma sempre con pareti ripidissime. La stessa cosa si può dire delle valli che furono modellate dai ghiacciai, salvo una maggior indipendenza dal tipo di roccia nella formazione di alcuni gradini

longitudinali e salvo una maggiore ampiezza del solco anche in rocce compatte: è con questa struttura (oltre che con la struttura longitudinale in strati verticali e compatti e trasversale in rocce compatte) che soprattutto si ha il tipico profilo trasversale ad U delle valli già glacializzate.

Le cime, il cui scolpimento è dovuto in prevalenza all'azione fisica (gelo, come sulle Alpi; squilibri di temperatura, come nei deserti caldi), vengono così ad assumere forma a piramide se costituite di rocce mediocrementemente erodibili (Cervino), a torri regolari se di roccia resistente. (Tre Cime di Lavaredo, Gruppo di Brenta), a torri contornate da cenge orizzontali dove affiora uno strato di roccia più erodibile (Gruppo del Sella), a guglie solo nel caso che la stratificazione sia quasi assente e sia invece molto spiccato il clivaggio verticale o quasi (guglie nella massiccia dolomia ladinica delle Dolomiti; guglie Santner e Euringer nello Sciliar). L'erosione marina tende ad una regressione quasi uniforme della costa che si trovi in tali condizioni strutturali (coste alte e unite), con arretramento più o meno rapido a seconda che la base è costituita di roccia molto o poco erodibile (falesie della costa Adriatica ed alcuni lembi della costa Tirrenica meridionale).

II° *Strati leggermente inclinati* (10° - 20°). — La morfologia generale è analoga alla struttura, e cioè asimmetrica: dei due versanti principali di un rilievo, quello corrispondente alla faccia è a lenta pendenza, mentre quello corrispondente alle testate è ripido. La causa principale risiede nel fatto che la degradazione meteorica nel caso presente avviene specialmente in corrispondenza delle superfici di clivaggio (perpendicolari alla stratificazione e perciò quasi verticali) e l'erosione torrentizia, longitudinale soprattutto quando il solco iniziale si sia affondato lungo un affioramento di roccia più tenera tra due pacchi di roccia più compatte, tende ad approfondirsi un po' lateralmente, mantenendosi così nelle rocce più erodibili an-

zichè verticalmente dove si oppone la maggior compattezza delle rocce sottostanti. Si usa in tali casi parlare di pacco *monoclinale* di strati e di corrispondente morfologia a *cuestas*, al quale ultimo termine sarebbe meglio sostituire quello più semplice di morfologia *asimmetrica*.

Così è per molte valli torrentizie scavate longitudinalmente in un pacco di strati leggermente inclinati (purchè il ringiovanimento non sia eccessivo per cui viene ad avere il sopravvento l'erosione verticale); e questo valga anche per le valli scavate o modellate dai ghiacciai (e per gli stessi circhi) che in questo caso raramente hanno il profilo ad U tipico, bensì, dei due versanti, ripido è quello di testata, più lento quello di faccia. Basti ricordare: la valle della Rienza, la valle di Scalve, la valle e lo stesso Gogo dello Stelvio, la val di Fraele, la media val Ridanna e quelle vicine di Fleres, di Racines e del Giovo (Alpi Breonie), parte della val Gardena, la valle del Tagliamento e innumerevoli altre valli alpine nel loro tronco longitudinale. Il versante più ripido è talora interessato da cenge orizzontali dovute unicamente a maggiore intensità di modellamento meteorico in rapporto ad affioramenti di roccia più tenera interposta. Se il solco invece taglia il pacco di strati trasversalmente, si hanno: secondo la lunghezza, alternanza di leggere e forti pendenze di fondo in rapporto al tipo di roccia affiorante sul fondo e sui bassi versanti; sui due versanti (che si manifestano quasi eguali), presenza di cenge inclinate verso le origini o verso lo sbocco della valle analogamente alla inclinazione degli strati. Ed è per questo che le valli trasversali manifestano morfologia più variata. Così è delle valli Brembana e Seriana, dell'Alta Valtellina, ecc.

Le cime cesellate dall'azione meteorica fisica sono pur esse asimmetriche, ornate da cenge in corrispondenza delle testate di rocce erodibili. Così si mostrano: la Marmolada, l'Antelao, il Puez, la Paganella, il Nuvolau, la catena del Lagorai - Colbricon, l'Ortles, il Campo dei Fiori

nel Varesotto, e diciamo pure una gran parte delle cime alpine. Le creste sono seghettate. Se gli strati inclinano di circa 45° , allora i due principali versanti opposti sono simmetrici, a pendenza quasi eguale; ma mentre quello in corrispondenza delle facce è liscio e sulle Alpi quasi sempre spoglio di vegetazione, quello di testata è più rugoso (per l'affiorare delle varie testate) e più ricco di vegetazione; sul primo la neve facilmente scivola per valanghe, sul secondo facilmente si scioglie perchè la neve che cade si dispone a chiazze sui minuscoli ripiani; il primo dà origine spesso a frane di scivolamento (slavini di Marco in Val Lagarina), il secondo invece dà origine a frane per fratture (Marocche di Arco in Val della Sarca).

Anche il moto ondoso del mare erode più in corrispondenza delle testate che delle facce, perciò: una costa le cui rocce abbiano andamento ad essa parallelo ed i cui strati s'immergano nel mare, arretra meno facilmente di una i cui strati inclinano verso terra; in ambedue i casi però, la costa tende a mantenersi rettilinea. Se gli strati inclinati invece tagliano trasversalmente la linea di costa, essi vengono demoliti dalle onde con modi e con intensità diversa in rapporto alla varia resistenza delle rocce; si formano perciò piccole insenature alternate con piccole sporgenze che possono tuttavia assumere anche dimensioni rilevanti. Per la maggior parte delle penisole totalmente rocciose d'una certa estensione, si può ammettere che debbano le loro forme particolari all'erosione marina, ma la forma generale a cause tettoniche (soprattutto faglie). Così la penisola di Portofino deriverebbe il suo tozzo aspetto generale dallo sprofondamento di tre zolle laterali con le quali prima formava un'unica unità, ma le due insenature laterali verso S. Margherita e verso Camogli sono dovute a maggior erosione marina in corrispondenza delle più tenere rocce eoceniche in contrasto con la testa costituita di compatti conglomerati oligocenici sovrapposti.

III° *Strati verticali*. — Se la valle è trasversale, ogni tronco ha i due versanti opposti molto simili (con pendenza varia a seconda della degradabilità intrinseca); mancano terrazzi che siano dovuti unicamente a mutamenti di roccia; per il resto vale quanto si è detto per le valli trasversali scavate in strati obliqui. Se la valle è longitudinale, essa ha versanti uniformi per tutto il percorso; anche in questo caso, se la roccia è compatta è molto facile che un solco glaciale manifesti il tipico profilo ad U; se le rocce sono poco resistenti, le due aste laterali non sono mai molto ripide; se una è resistente, l'altra meno, manifestano asimmetria. Esempio del primo caso è l'alta val Másino, del secondo la Valtellina, del terzo le valli sorgentizie della Dora.

Le cime tendono ad essere aspre, a cuspidi, da cui scendono creste costituite di file di denti e guglie a punta; i versanti quasi sempre a pareti: pareti lisce in corrispondenza delle facce, alquanto più ricche di sporgenze e fessure in corrispondenza delle testate laterali. Gli esempi più tipici si trovano nel Monte Bianco. E' sufficiente l'intercalazione di uno strato più tenero, perchè senza dubbio si determini una forcilla dovuta unicamente a maggior degradazione meteorica, piuttosto che residuo di antica valle più elevata.

c) INFLUENZA DELLE FAGLIE SULLA MORFOLOGIA.

Le faglie hanno senza dubbio una grande influenza indiretta sulla morfologia, specialmente nel fissare la direzione e la linea dei solchi e delle selle. Le cause di ciò sono specialmente due: anzitutto che quando una primitiva faglia (sia pure supposta oramai stabilizzata, cioè senza più alcuna influenza diretta) ha influito sulla direzione di un primitivo solco, avvenuto l'invecchiamento della regione e poi un ringiovanimento, è difficile che non influisca, attraverso il solco anteriore, sul nuovo reticolo;

e poi, soprattutto, perchè le zone di faglia sono quasi sempre contrassegnate da rocce milonitizzate o addirittura spappolate dallo scorrimento avvenuto e quindi da rocce molto erodibili. E ciò valga più per le faglie oblique con sovrascorrimento, che per le faglie a spostamento verticale. Si possono citare: la Valsugana, il lago di Garda, il solco del lago di Lecco.

Queste sono le linee generali degli studi italiani di geomorfologia; e numerosi sono i lavori italiani che trattano espressamente dei rapporti diretti fra tettonica e morfologia. Rilevantissima poi si presenta la produzione di opere inerenti ai problemi dei rapporti tra litologia e morfologia.

Su alcune proprietà delle rocce hanno discusso con profondità di concetti: il Toniolo R. sulle rocce del bacino dell'Alpago, il Dainelli G. sulle rocce nel bacino del Cellina, l'Ugolini R. che ha trattato delle erodibilità delle rocce come fattore morfologico e sull'indice di erodibilità di alcune rocce italiane.

Sulla degradazione delle rocce granitoidi e delle arenarie compatte sono notevoli i lavori del Dainelli G. sulle Meteore di Tessaglia e del Dainelli G. - Marinelli O. sulle sculture alveolari nelle arenarie.

Sulle caratteristiche forme franose scolpite nei materiali incoerenti, la bibliografia è anche maggiore; si vedano i lavori del Capeder G. sui fenomeni di erosione nei dintorni di Bra e di Castellamonte, del Salmoiraghi F. sulle piramidi di erosione nei terreni glaciali di Zone, del Martelli A. sulle balze di Volterra, quello molto complesso dell'Almagià R. sulle frane in Italia, del De Gasperi G. B. sulle forme di erosione nelle Crete senesi, del Vanni M. sulle colline porfiriche e granitiche del Biellese orientale, e quello recentissimo del Castiglioni B. sui terreni pliocenici dell'Italia Centrale, opera poderosa in cui è sviscerata e risolta la questione dell'origine e della loca-

lizzazione dei calanchi appenninici, limitati cioè al versante di testata.

Sulle forme assunte da altri tipi di rocce, soprattutto vulcaniche recenti, si vedano le note del Dainelli G. sulle forme di disfacimento nella trachite del Monte Amiata e i lavori completi del Sabbatini V. sui vulcani Cimini, che è soprattutto geologico, e del Marinelli O. sulla regione del Monte Amiata che è invece soprattutto morfologico.

Troppo lungo sarebbe enumerare i lavori sui fenomeni carsici localizzati nel Carso propriamente detto e in altre numerose regioni carsiche italiane e delle nostre Colonie. Ricordiamo tuttavia la pubblicazione del periodico «Mondo Sotterraneo», venuto meno con la grande guerra, e l'odierno «Grotte d'Italia», dedicato unicamente alle ricerche di speleologia, iniziatosi nel 1927, pubblicato trimestralmente dall'Istituto Italiano di Speleologia avente sede a Postumia.

Sono poi lavori fondamentali in materia quelli del Gortani M. sulla Terra rossa, del Biasutti R. sulla Terra d'Otranto, del Toniolo R. sul Colle del Montello.

Il Marinelli O. descrivendo i fenomeni carsici nelle regioni gessose d'Italia ci ha dato l'unica opera nella produzione internazionale su fenomeni carsici nei gessi; sempre su questo argomento vanno ricordati i lavori del De Gasperi G. B. sulle grotte e voragini del Friuli, del De Marchi L. sull'Altopiano dei Sette Comuni, del Colamonico C. sul Pulo d'Altamura, mentre hanno tipo più generale i lavori del Baratta M. sul Carso e del Cumin G. sull'Istria.

Gli Autori che finora abbiano esaminato espressamente e da un punto di vista metodico l'influenza dell'inclinazione degli strati sulla morfologia sono relativamente scarsi, e senza dubbio il primato spetta agli italiani. Quello che più ha insistito su ciò è precisamente il Rovereto G., che nei suoi numerosi studi di morfologia pubblicati fra il 1902 e il 1920 (Geomorfologia delle coste,

l'Isola di Capri, il Gruppo del Gran Paradiso, la Corsica, la Val S. Giacomo, la Pampa Argentina, il Cervino ecc.) raramente tiene in sott'ordine tale fondamentale fattore nel modellamento del rilievo. Di recente tale argomento venne ripreso dal Nangeroni G., che ne ha fatto oggetto di particolari ricerche e note specialmente di regioni alpine (Val Malenco, Valle del Dezzo, ecc.). Del resto di passaggio molti autori accennano a questo, soprattutto nelle monografie regionali come: il De Marchi L. nel suo studio sulla idrografia dei Colli Euganei, il Marinelli O. nel suo ampio studio orografico delle Alpi Orientali, il De Stefani G. in alcuni passaggi d'una sagace requisitoria sulle recenti teoriche americane, requisitoria che purtroppo non è ancora riuscita a togliere dalla mente di molti geomorfologi d'oltr'Alpe che i termini giovane, maturo, vecchio, debbono essere riferiti non tanto alle forme in sè quanto all'età delle forme stesse. Altri lavori si debbono allo Zuffardi P. che ha studiato la geomorfologia delle Colline di Torino, al Monterin U. che ha studiato quelle dell'alta Val d'Ayas. Poi il Sestini A. col suo studio sulle Cerbaie, il Merla G. colle sue osservazioni sugli Altipiani ampezzani, il Nangeroni G. col suo lavoro sulla Geologia della Provincia di Varese, il Vardabasso S. colle sue visioni geomorfologiche della Sardegna e moltissimi altri, geologi e geografi.

V.

GEOLOGIA APPLICATA.

Numerosi geologi si sono occupati non solo delle pure ricerche scientifiche ma altresì delle applicazioni pratiche della geologia. Il campo è vastissimo e spesso mal delimitato, poichè molti lavori sono bensì a base geologica, ma possono prender benissimo posto in altri capitoli di questa raccolta. Ecco perchè ho senz'altro escluso i lavori a indirizzo puramente minerario e dei rimanenti ho compreso solo quelli nei quali il momento geologico è preminente.

Il campo nel quale la geologia è strettamente connessa alla pratica è specialmente quello idrologico, sia cioè relativo alle acque superficiali in rapporto al terreno, alla sua forma, alla sua difesa, alla irrigazione etc., sia relativo alle acque profonde e alle sorgenti.

Nel campo più strettamente idrologico ricorderò alcune note relative all'influenza delle foreste. L'argomento è stato trattato da parecchi, tra cui anche in varie note dal Taramelli. Ma tutto quello che si conosce sull'argomento si può rilevare da un ampio lavoro riassuntivo del Gortani. Questo ha fatto uno studio sintetico trattando dei mutamenti climatici, della denudazione dei rilievi, delle piene e delle sorgenti, corredandolo di una ricca bibliografia, italiana e forestiera.

Nel campo descrittivo si possono citare molti lavori. Tra di essi lo studio delle condizioni idrologiche della provincia di Bari del Casardi, il quale per primo ci diede

una cartina di ipoisoidroipse applicata ai pozzi freatici del Barese.

Sulle acque toscane o destinate a Firenze numerose note scrissero il De Stefani, il Ristori etc. Sulle acque del Bacino del Serchio e specialmente su quelle della Val Pedogna scrisse ampiamente il Masini. Sulle acque sotterranee della valle folignate scrisse il Preziotti. Un bel lavoro sul fiume Sarno si deve al Verri.

Per il Veneto citiamo in generale i numerosi lavori relativi alla permeabilità delle rocce dei vari bacini fluviali, accompagnati da carte, i quali vennero pubblicati dall'Ufficio idrografico del R. Magistrato alle acque di Venezia e dovuti al Dainelli, allo Stefanini, al Fabiani, al Taramelli, al Toniolo, alla Zenari, ed il recentissimo lavoro del Boni sull'alto Piave.

Sulla idrologia dei pozzi profondi della Valle padana basata su criteri geologici si hanno talune voluminose memorie del Sacco, che ne dà un completo elenco nel 1912, aggiornato poi da una seconda memoria del 1924 e completata da una terza pubblicata nel 1933, a cui pure è aggiunta una copiosa bibliografia. Una estesa memoria ricca di dati è stata pubblicata dallo Stella sulla idrografia sotterranea della pianura padana.

Sempre al Sacco poi si devono numerose note geoidrologiche sul territorio di Carmagnola, di Alessandria e di altre località della regione padana.

Delle acque carsiche si occuparono in moltissimi, tra i primi il Taramelli che studiò il Recca sino dal 1878. Il Tellini invece si interessò delle acque del Friuli e della loro utilizzazione.

Sempre sulle regioni carsiche ha grande interesse l'importante Memoria del Boegan sulle sorgenti di Aurisina accuratamente studiate, e completata da considerazioni sull'idrografia sotterranea carsica.

Passando alle acque salienti, artesiane, ricordiamo il Pantanelli che si occupò in varie note delle acque pro-

fonde del Modenese, facendo su di esse molte interessanti osservazioni: egli si occupò altresì delle acque tra il Secchia e il Panaro e di quelle di Castelfranco Emilia.

Anche il Crema ha numerosi lavori sulle acque salienti: egli ha studiato quelle della Liguria orientale e della Lunigiana, di Sezzè presso Alessandria. Assai interessanti sono pure i due lavori del Crema sulla ben nota polla di acqua dolce sgorgante in mare alla Spezia, presso Cadimare.

Sui pozzi artesiani della regione pisana e sulla natura dei terreni traversati dalle perforazioni, dato il loro rilevante numero, si hanno parecchie note del De Guidi, del Vinassa, e specialmente dell'Ugolini che pubblicò numerosi studi.

L'idrologia dell'Italia meridionale e specialmente della regione pugliese e salentina fu occasione di belle memorie, principalmente del De Giorgi, un benemerito della ricerca e del ritrovamento di acque in questa situculosa regione, del Perrone, del Verney.

Sulle acque sotterranee più specialmente pugliesi si hanno parecchi lavori. Di una assai ampia memoria su tali acque in provincia di Bari è autore l'ing. Lamparelli, che studia la possibilità di una alimentazione idrica della regione, di cui è fautore. Interessantissima è poi una memoria dell'ing. Di Lonardo sulle acque sotterranee del Foggiano. Ma sarebbe troppo lungo elencare il complesso di lavori dovuti ai valorosi ingegneri addetti al servizio idrografico delle Puglie a cominciare dal Perrone che fu un pioniere.

Molto importanti, perchè hanno portato idee nuove e pratiche, sono le note relative all'artesianismo delle acque del tavoliere foggiano. Citeremo a questo proposito l'ampia memoria del Colacicco.

Numerose sono le memorie relative allo studio geologico di singole sorgenti destinate ad essere utilizzate. Sarebbe ozioso farne la enumerazione, poichè il valore di

tali note è limitato alla regione, alla città, al paese ai quali le sorgenti erano destinate.

In occasione dello studio per l'acquedotto di Firenze vennero fatte importanti osservazioni sulla sorgente della Pollacia nelle Apuane, la quale venne dimostrata essere una risorgente facilmente inquinabile. Il De Stefani ed i suoi scolari di Firenze si resero per questo benemeriti.

Anche per gli acquedotti sarebbe inutile elencare, poichè si tratta sempre di ricerche di importanza locale. Faremo una sola eccezione per le note relative a quella meraviglia di ingegneria che è l'Acquedotto Pugliese, costruito, come dice l'epigrafe: *Ausu romano, aere italico*. Questo colossale acquedotto si basa su di un concetto che può essere così ridotto alla sua grandiosa semplicità: «Prendere un fiume mediterraneo e farlo sboccare sull'Adriatico». Il Sele dalla provincia mediterranea di Salerno, captato e convogliato in una grande galleria appenninica, venne distribuito alle provincie adriatiche di Foggia, Bari, Lecce etc. Un così grandioso progetto non mancò di suscitare apprensioni. E numerose note vennero a suo tempo pubblicate sull'argomento, specialmente dal Taramelli, che esponeva i suoi dubbi, fortunatamente non avveratisi. Sull'argomento, specialmente in considerazione di eventuali terremoti scrissero anche il Baratta, il Verney etc.

Piuttosto a tipo di ingegneria sono i lavori idrologici importantissimi sul campanile di Pisa, sulla cui stabilità si sono avuti forti dubbi. Sull'argomento son da ricordare i lavori del Cuppari, ma più che altro la grande memoria riassuntiva la cui parte geologica venne compilata dal Canavari. Questi arrivò a poter formulare delle interessanti ipotesi che hanno servito di base ai lavori di consolidamento del campanile.

Lo studio geologico è stato applicato con successo anche alle sorgenti medicamentose specialmente termali. Uno dei più antichi studi è forse quello del Nistri sulle

acque di S. Giuliano. Se ne hanno poi molti altri come quello del Vinassa (in due edizioni) sulle sorgenti di Uliveto, con cartina geologica, del Bassani e Galdieri sulla sorgente minerale di Valle di Pompei, dell'Anelli sulle acque tra lo Stirone e il Taro. Ma di parecchie di queste note si può dire che il momento medico supera quello geologico, e pertanto la loro citazione può aver luogo in altra parte di questa Enciclopedia.

Ci limitiamo quindi ad accennare, oltre a quelle già indicate, poche altre memorie più specificamente geologiche tra le quali quelle del Ciofalo sulle sorgenti di Termini Imerese e quelle molto importanti, come tutte le cose dovute a questo insigne geologo, del De Stefani sulle acque termali di Torrite in Garfagnana e sulle acque della Salute in Livorno.

Sulle acque di Caldana presso Campiglia marittima scrisse una importante nota con cartina geologica il Merciai.

Su talune acque minerali della Sardegna ha riferito il Serra.

Il Canavari ha numerose osservazioni sulle acque di Uliveto, su quelle di Chianciano, di Agnano pisano pubblicate in occasione di cause civili insorte a suo tempo in rapporto a tali acque. Tra le note più interessanti del Canavari è quella relativa allo studio profondo ed accurato delle acque di Montecatini, studio che ha avuto anche una notevole importanza pratica per la difesa e lo sfruttamento di queste celebri acque.

Così pure si trovano numerose osservazioni relative alle acque di Salsomaggiore in note di vario argomento dovute a parecchi autori: ma anche in queste la parte geologica è spesso secondaria.

Anche delle acque termali delle colonie è stato trattato in parecchie per lo più brevi note.

Naturalmente trattandosi in generale di acque termali è stata nei lavori su citati considerata, sotto vari

punti di vista, l'origine delle loro termalità, argomento questo cui già accennammo nei lavori di geologia generale.

Come aggiunta alla idrologia ed alla idraulica geologica possiamo dire due parole sulle dighe. Per quanto anche questo sia argomento più specificatamente tecnico, non si può parlare di impianti di dighe o di laghi di ritenuta, specialmente se di dimensioni cospicue, senza studiare le condizioni geologiche specialmente del loro imbassamento. Anche qui le memorie sono più specialmente tecniche e la parte geologica ne è soltanto un capitolo. Così vennero studiati geologicamente gli sbarramenti lucani, calabresi, appenninici e alpini, su cui non possiamo intrattenerci partitamente. A tipo generale possiamo ricordare le indicazioni geologiche sui serbatoi montani del Sacco.

Come è naturale la Geologia ha avuto anche vasta applicazione nell'agraria. Pur facendo astrazione dallo studio più spiccatamente pedologico, di cui si sono in modo speciale occupati i chimici, la Geologia ha potuto e saputo dare importanti contributi anche allo studio del terreno.

Tra i lavori a tipo generale ricordiamo quelli relativi all'origine della Terra rossa. L'argomento è da una parte puramente geologico ma, poichè la Terra rossa è il solo terreno agrario delle regioni aride a tipo calcareo, come il Carso e certe porzioni della Puglia, così esso interessa anche l'agricoltura. Sull'origine della Terra rossa scrisse il Vinassa sino dal 1904 introducendo in geologia il concetto di colloidalità, che ebbe poi ampio sviluppo. Sull'argomento si ha poi una estesa memoria del Gortani ed una riassuntiva del Vinassa che contiene una bibliografia aggiornata sull'argomento. Importanti in questo argomento sono le recenti note del Comel.

In altro campo, pure a tipo generale, si possono citare gli studi relativi alla valutazione dei terreni dal punto di vista economico. Sono lavori di un certo interesse quelli del Nicolis sull'Estimo del nuovo catasto e quelli del-

l'Ugolini che trattano in modo speciale delle rocce calcaree e silicee toscane come base per una valutazione della produzione agraria.

Più decisamente geologico è l'argomento relativo alle carte geoagrolgiche sulla cui importanza venne ripetutamente attirata l'attenzione da parecchi geologi. Per adesso nessun ufficio governativo pubblico si è assunto l'incarico del rilevamento geoagrolgico particolareggiato dell'Italia. Quanto possediamo, ad eccezione della memoria dello Stella sul Montello, è opera di privati, di cattedre e scuole universitarie o di organizzazioni agrarie. Ma anche se limitata è l'estensione rilevata dal punto di vista geologico agrario pur tuttavia non mancano regioni studiate esaurientemente da questo punto di vista.

Abbiamo detto della carta del Montello dello Stella. L'ampia ed esauriente monografia, che può esser presa ad esempio per i prossimi studi del genere, è corredata da figure, carta geologica, carta geognostica-agraria e numerose sezioni, che rendono anche conto della interessante idrografia della regione.

Tra le regioni più studiate possiamo citare il Veneto e specialmente il Friuli. Di questa regione si hanno numerose e importanti pubblicazioni. Così i due Feruglio D. e G. studiarono geo-agronomicamente i terreni di Tricesimo; il Feruglio G. studiò il bacino di Drenchia, lo stesso Feruglio insieme al Comel, illustrò i terreni degli Euganei, e il Feruglio D. insieme ad altri parlò esaurientemente dei terreni di Cividale del Friuli in un'ampia memoria con carta e figure.

E' recentissima la bella carta geo-agronomica del Comel, studioso accurato di geologia agraria, che illustra compiutamente la provincia di Udine.

Una carta geologica in rapporto alla viticoltura del territorio morenico benacense, parte bresciana, è annessa alla nota pubblicata dal Consorzio antifillosserico bresciano ed è dovuta al Cacciamali. A questa prima nota ne segui-

rono una seconda e una terza con varie carte geologiche relative ai terreni bresciani ove più estesamente è coltivata la vite.

La fondazione di una speciale cattedra di Geologia agraria, la prima in Italia, che si ebbe nell'Istituto superiore agrario di Perugia, fece sì che in questa regione si ebbero studi geo-agrologici e, come si è visto, anche idrologici agrari, di un certo valore. La prima carta agrogeologica dell'Italia centrale e la seconda in Italia dopo quella sopracitata del Montello, è quella dell'Orzi sui dintorni di Grotte di Castro (Bolsena), essa è accompagnata anche da una cartina geologica della regione e da numerose analisi meccaniche dei terreni. Il territorio di Casalina (Perugia) ebbe pure la sua cartina agrogeologica da parte di I. Canavari, corredata da numerose analisi meccaniche e chimiche. Finalmente sui terreni agrari dei dintorni di Perugia in generale scrisse una documentata relazione il Principi nel 1920.

L'Ugolini ha una interessante nota sul bosco e il pascolo camerinese accompagnata da una carta litologica e da una carta della vegetazione.

Il Martelli, nel periodo in cui ebbe la direzione del Laboratorio di Geologia dell'Istituto superiore forestale di Firenze, si occupò alacremente dello studio geologico di varie località dal punto di vista specialmente forestale. Tali note vennero pubblicate negli Annali del R. Istituto superiore forestale di Firenze e si riferiscono tra gli altri al M. Senario, a Vallombrosa, alla Val di Fiemme, alla montagna Irpina etc.

L'Edlmann, assistente del Martelli, ha poi esaurientemente illustrate dal punto di vista agrario, specialmente forestale, parecchie località toscane, come la Verna, Camaldoli, il Casentino, il Mugello etc., con interessanti studi pubblicati sempre negli stessi Annali. L'Edlmann si occupò pure della terra rossa forestale di Parenzo.

Due interessanti memorie scrisse il Canavari in rap-

porto alle condizioni geologiche del territorio del Comune di Calci (Pisa) in relazione al vincolo forestale, accompagnate da cartine e sezioni.

L'Ugolini poi parlò della tenuta in calce dei terreni di Rosignano e di Castiglioncello in provincia di Livorno. L'interessante nota è accompagnata da due carte indicanti la calcimetria del soprasuolo e del sottosuolo in questa regione.

Il De Angelis d'Ossat ha fatto conoscere all'estero con una pubblicazione in tedesco i vari terreni agrari italiani, segnandoli in una carta riassuntiva generale per tutta la penisola.

Sui terreni dei nostri possedimenti si hanno pure indicazioni geo-agrologiche.

Il primo studio sui terreni della Libia costiera si potè eseguire grazie alla prima escursione geologica nella regione, allora turca, da parte di U. Ferrandi e di Vinassa, che studiò le sabbie del cosiddetto deserto. Contro l'opinione del Vinassa, che potè dimostrare che il cosiddetto deserto era terreno agrario suscettibile di cultura, insorsero gli anticolonialisti dell'epoca: ma, come l'esperienza ha dimostrato, con esito non certo felice. Anche taluni terreni della Cirenaica vennero studiati dal Vinassa.

Sui terreni somali (regione del Basso Giuba e del basso Uebi Scebeli) si possiede un importante lavoro agrogeologico del Principi, che così per primo ci dette contezza della natura agraria di quei territori.

Il Desio, che ha molto studiato da tutti i punti di vista le isole italiane dell'Egeo, rende anche conto della loro potenzialità agricola con una interessante memoria corredata da figure e cartine.

Nel campo della ingegneria civile numerosi lavori si hanno relativi ai materiali da costruzione. Ma questo argomento esorbita dal quadro del nostro riassunto e quindi lo tralasciamo.

Qualche parola merita però, parlando di ingegneria

civile, la Geologia applicata alle ferrovie, specialmente per quanto ha riguardo alle gallerie ferroviarie.

La maggior parte delle pubblicazioni è strettamente tecnica e le considerazioni geologiche non rappresentano più di un capitolo delle stesse. Inoltre questi lavori tengono in considerazione la natura litologica più che non la struttura geologica. Ma in taluni lavori il momento geologico predomina e di questi ritengo sia utile dare qualche rapida indicazione.

Un bel lavoro comprensivo sulle osservazioni geologiche fatte in occasione di nuove costruzioni è quello della Società Adriatica che rende conto di quanto venne osservato e fatto su molte linee dell'Italia meridionale, e su quelle attorno a Lecco. La memoria è accompagnata da numerose cartine e sezioni geologiche che illustrano i lavori eseguiti lungo le varie linee prese in considerazione.

Una seconda parte di questa memoria, pubblicata nel 1910, si riferisce a lavori ferroviari eseguiti nell'Appennino meridionale e umbro-abruzzese, regioni di assai complessa costituzione geologica e difficili dal punto di vista ferroviario, per cui occorsero studi e accorgimenti geniali. L'opera è anonima, ma di essa è stato sempre attivo e prevalente organizzatore l'ing. Segrè.

Specialmente nella « Rivista tecnica delle ferrovie italiane » si trovano importanti contributi alle conoscenze geologiche rispetto alle ferrovie, come il consolidamento di frane o di terreni instabili lungo le linee, attraversamento di terreni argillosi etc.: essi sono dovuti al Maddalena, al Corradi ed a parecchi altri, ma in modo speciale al Segrè, che fu uno dei più valorosi tecnici geologici in materia ferroviaria.

Molti lavori riguardano le condizioni geologiche di alcune linee progettate, in modo speciale la direttissima da Genova al Po, e i valichi appenninici necessari ad essa. L'argomento, che ha avuto in tempi non lontani una grande importanza e su cui sono nate discussioni non

piccole, è stato trattato ampiamente dal De Stefani, dal Figari, dal Sacco e specialmente dal Rovereto e dal Tarramelli.

Un altro argomento che è tuttora in discussione è quello dei nuovi valichi alpini. Sulla progettata galleria del Cenisio si ha un ampio studio geologico del Sacco.

Base esclusivamente geologica ha pure la nota degli ingg. geologi Baldacci e Franchi sulla galleria del Col di Tenda sulla linea Cuneo - Ventimiglia.

Basterà aver così accennato alla geologia ferroviaria, non essendo possibile tener dietro alle numerose pubblicazioni, anche di occasione, che, come ho detto, trovarono luogo specialmente in giornali tecnici.

Un campo in cui l'Italia è la prima del mondo è quello della utilizzazione dei vapori sovrariscaldati e delle acque calde giovanili come forza motrice.

I vecchi lagoni di Larderello, sorgente nel passato solamente di acido borico, per merito del Principe Ginori-Conti, che vi ha dato tutto se stesso, coadiuvato validamente dal figlio dott. Giovanni e da un cospicuo gruppo di scienziati, chimici e geologi, sono oggi divenuti non solo sorgenti di preziosi altri prodotti tra cui il rarissimo Elio, ma centro di una notevole forza che si trasforma in torrenti di corrente elettrica.

Ai vecchi pozzi ed alle sorgenti naturali si sono aggiunti pozzi artificialmente perforati, da cui scaturiscono gaz caldissimi ed a forti pressioni che vengono incanalati a macchine motrici appositamente studiate.

Degli importanti lavori relativi a questi impianti unici nel mondo ricordiamo quello del Nasini, ricca e lussuosa pubblicazione, che però si occupa in modo più particolare dello studio chimico e chimico-fisico dei gaz. Mentre lo studio geologico e la pratica utilizzazione dei soffioni è ampiamente illustrata e messa in valore dall'importante opera pubblicata in occasione che si inaugurava la centrale

geotermica di Terrazzano (1936) dal dott. Giovanni Gironi - Conti.

Assai limitata è la produzione relativa alla Geologia di guerra, che invece ebbe grande sviluppo in altre nazioni specialmente per quanto ha riguardo alle condizioni geologiche di singoli fronti di combattimento. Molte notizie però relative all'argomento sono inedite, perchè sotto forma di relazioni di ufficiali geologi ai comandi.

E' strano che la produzione di geologia di guerra sia così limitata, perchè l'Italia è stata in questo campo veramente precorritrice. Difatti sino dal 1883 il generale Riva - Palazzi mise in evidenza l'importanza della geologia negli studi militari, e il Porro insistè nel diffondere tra gli ufficiali il concetto del valore del terreno in guerra.

Uno dei lavori più completi, ma di indole generale, è quello del Fossa - Mancini sulla storia della geologia militare, con ampie notizie su quanto venne fatto all'estero e da noi in questo campo. Sull'argomento di guerra in rapporto al terreno scrissero anche l'Anselmi, il Craveri, il Gortani, il Nievo, il Sacco, il Vinassa.

I lavori di Geologia applicata nelle nostre Colonie non sono molti, e si riferiscono o all'agraria, e ne abbiamo già parlato, o alla produzione mineraria. Su questa, che, come ho detto, esorbita dal nostro campo, si hanno indicazioni specialmente sull'Eritrea a cominciare dal primo importante lavoro del Baldacci sui giacimenti auriferi. Hanno poi scritto sull'argomento il Capacci, il Bibolini e più o meno tutti i viaggiatori che hanno visitato l'Africa orientale. Dopo la conquista etiopica le pubblicazioni e le notizie sono aumentate, e trovano spesso posto sia nella pubblicazione « L'Industria mineraria » sia in quella più recente dal titolo « Materie prime d'Italia e dell'Impero ». Attualmente sono nella regione molti geologi e ingegneri minerari, dai quali attendiamo notizie sicure sulle ricchezze minerarie dell'Impero, basate su effettive e serie ricerche sul terreno ancora per tanta parte ignoto.

VI.

LA PALEONTOLOGIA

Come sempre accade quando facciamo la storia della scienza si rileva che gli antichi avevano sulla natura dei fossili idee molto più giuste dei loro successori. Tanto che, (senza citare altri come Senofane ed Erodoto) nel 450 a. C. Empedocle d'Agrigento non solo ritenne che i fossili stessero a indicare la presenza di antichi mari, ma che essi stessi rappresentassero delle specie estinte.

Gli scienziati e gli scrittori romani non si occuparono gran che dei fossili: possiamo solo ricordare Svetonio che esprime esso pure idee giuste sulla loro natura. Con Avicenna comincia a prender piede la teoria di una misteriosa forza plastica (*vis plastica*) per la quale la materia veniva plasmata, formata ma non vivificata. A questa vis plastica si collega l'«aura seminalis» del Luidius di Oxford, che immaginava un vento marino portatore di semi, che poi si sviluppavano nelle rocce. Vi si unisce pure l'opinione di un «succus lapideus» o «spiritus lapidificus», una specie di essenza che produceva i fossili nel sasso. Per altri ancora i fossili erano semplici scherzi, «lusus Naturae», oppure pietre figurate a caso, o pietre «sui generis».

Molta diffusione ebbe l'opinione, che si accordava colle credenze bibliche, che i fossili si trovassero sui monti a prova del Diluvio universale, che tutto sommerse.

Ma altissimi ingegni videro il vero, come il Boc-

caccio che parlò delle conchiglie fossili della regione fiorentina quale documento della presenza di antichi mari, e, come lui, Leonardo il grande, e il Fracastoro che si oppose in modo speciale alla credenza che si trattasse di avanzi del Diluvio, poichè in tal caso le conchiglie avrebbero dovuto essere d'acqua dolce e non di mare, e in ogni caso non immerse a profondità dentro le rocce più dure ma sparse alla superficie.

Ai primi del secolo scorso le vecchie idee fantastiche si possono considerare abbandonate. La vera natura dei fossili è riconosciuta, e si comincia ad occuparsi delle indicazioni che essi possono dare al geologo. Il Soldani, ad esempio, che pure appartiene ad un periodo anteriore, già indicò la possibilità di distinguere dal complesso delle faune se si tratta di giacimenti di mare profondo e di litorale. Ma la base per la moderna Paleontologia la troviamo nell'opera del Brocchi pubblicata nel 1814; a lui anche si deve il concetto che la specie muore come muore l'individuo.

Riconosciuta l'esatta natura dei fossili, stabilito che la loro attuale ubicazione è il risultato di spostamento della crosta solida terrestre, i fossili vennero raccolti con accuratezza e studiati con criteri di grande esattezza. Difatti l'indicazione precisa del punto in cui un fossile venne raccolto, della posizione in cui si trova, della roccia in cui è immerso ci dà la possibilità di ricostruire l'ambiente in cui l'organismo visse e con ciò si può fare della paleogeografia. Ma si può anche fare della paleobiologia.

Ecco che così risulta la biforcazione della Paleontologia in due campi ben distinti. I fossili sono sì i documenti storici senza cui non si può fare geologia, cioè storia della Terra, e si ha così la Paleontologia geologica. Ma i fossili sono anche i documenti della storia della vita. Nacque così la Paleontologia biologica.

Alla paleontologia geologica hanno dato impulso, come è naturale, in modo assoluto i geologi. Alla paleonto-

logia biologia hanno anche contribuito zoologi e botanici in compagnia ai geologi più specialmente paleontologi.

Tra le opere di Paleontologia si possono dunque distinguere quelle che si riferiscono in modo speciale alla cronologia, e nelle quali i fossili sono considerati come documenti per stabilire l'età di un giacimento, e quelle che si occupano della descrizione di faune e flore fossili quali complessi faunistici o botanici del passato. E tra questi ultimi vi sono lavori che si riferiscono a fossili di un determinato periodo della storia della Terra, ed altri che illustrano un complesso di faune e flore di varie età di una determinata regione.

Gli studi paleontologici in Italia sono molto sviluppati e ricchi di nomi illustri. La « Rivista italiana di Paleontologia » che rende conto della totalità, si può dire, di tali lavori, ne ha recensiti dal 1895, anno della sua fondazione, sino ad oggi, parecchie migliaia.

Tratteremo dei numerosissimi lavori di Paleontologia dividendoli in gruppi. Diremo cioè prima degli studi a tipo generale specialmente biologico, poi di quelli più specializzati sia relativi a complessi di faune di età diversa e di speciali regioni, sia relativi a tipi o gruppi di fossili.

A - PROBLEMI GENERALI

Dei problemi fondamentali, connessi anche alla Paleontologia, non molto è stato scritto dai nostri paleontologi, occupati in modo speciale in lavori descrittivi ed analitici.

Un problema biologico fondamentale su cui da anni ed anni si discute è il concetto di *specie*. Una cosa che distingue il paleontologo dal botanico e dallo zoologo è appunto questo concetto: ed è naturale che sia così, data la diversità del materiale che è oggetto di studio. Lo zoologo, il botanico hanno difatti a loro disposizione l'intero corpo dell'organismo, il paleontologo non ha che pochi

resti, e quasi esclusivamente dello scheletro. Da ciò due punti di vista ben diversi. Per il paleontologo anche le più minute diversità possono aver valore e debbono essere considerate. Non è però impossibile avvicinarsi al concetto di « specie » anche in Paleontologia, quando cioè si abbiano numerosissimi esemplari prossimi tra loro, in modo da poter rilevare, statisticamente, la variabilità dei caratteri, e stabilire quelli fondamentali.

Sul concetto di specie in generale non esistono pubblicazioni esclusive, ma molti autori si sono interessati dell'argomento in via incidentale. Poichè ormai è pacifico che in paleontologia non è possibile di parlare di specie, se non in certi determinati casi, viene da parecchi usata l'espressione di *forma*. Difatti il paleontologo che ha normalmente a sua disposizione solo lo scheletro, e spesso nemmeno completo, di un organismo, deve però tener conto anche di piccole diversità di forma o di struttura che debbono esser tenute presenti. Da ciò la necessità di distinguere avanzi, forse appartenenti alla stessa specie, con nomi diversi. Da ciò pure, come si è detto, l'abolizione del nome di specie per preferire quello, assai più generico e meno compromettente, di forma. Tra i primi che hanno adoprata questa espressione possiamo ricordare il Bonarelli, e oggi la scuola di Pavia.

Quando però gli esemplari di uno stesso giacimento siano numerosi è possibile studiare la variabilità di talune forme ed arrivare o almeno avvicinarci alla specie. Il primo lavoro in Italia su tale variabilità si deve al Vinassa, che studiò nel 1896 la variabilità di taluni *Chenopus* e nel 1902 quella specialmente della *Cassidaria echinophora*, ed i cui risultati sono stati accolti anche in trattati esteri.

Questi primi studi sono stati recentemente ripresi, e la variabilità è stata studiata coi moderni metodi statistici. Lavori del genere, sui fossili, sono usciti dalla scuola di Pavia e in modo speciale è da citare il voluminoso studio del Boni sulla *Chlamys scabrella* e la *Terebratulula am-*

pulla. Il Boni conclude per l'esistenza della specie, detta grande specie, attorno a cui si dispongono complessi di minore gerarchia sino alla varietà, alla razza, alla mutazione etc.

Un altro grandioso problema fondamentale connesso alla specie è la sua estinzione, la sua morte, la sua scomparsa dalla faccia del mondo. Dall'origine della vita ad oggi sono a milioni, a miliardi le specie scomparse, di alcune delle quali troviamo nei fossili qualche traccia. Chi affrontò per primo il grande problema fu il sommo Brocchi. Egli concluse che, come l'individuo invecchia e muore, analogamente invecchia e muore la specie. In questo ordine di idee, ripreso all'estero da un importante lavoro del Hoernes, si ha da noi un'interessante memoria dello Zunini. Questa si inizia con un'estesa informazione storica sull'argomento, nella quale sono prese in considerazione tutte le opere scritte. E' anche messa in evidenza l'opera dell'Airaghi, che in questo campo è veramente interessante. In conclusione lo Zunini è favorevole ad ammettere la morte delle specie per cause interne.

Un altro argomento di indole generale, ma questo ancor più connesso alla Paleontologia, è quello della evoluzione. Sebbene ormai si siano abbandonate le concezioni meccaniciste e spesso risibili del Haeckel e di altri epigoni del Darwin, pure è universalmente accolta l'idea che gli organismi si siano trasformati nel decorrere dei secoli, e se ne cercano le cause. Anche in questo campo l'Italia segna una sua impronta originale colla poderosa opera del Rosa, l'« Ologenesi » comparsa nel 1918. Essa riguarda in modo speciale la biologia: ma ha innegabili legami anche colla Paleontologia, poichè i problemi fondamentali della vita sono sempre stati gli stessi, anche nei miliardi di anni trascorsi; e le leggi della evoluzione non si comprendono oggi senza la conoscenza della vita del passato.

La base del lavoro del Rosa consiste nell'ammettere la predominanza dei fattori interni: quelli esterni, assom-

mati nell'ambiente, non hanno che un valore positivo limitato alla formazione di nuove varietà o razze, mentre ne hanno uno, negativo, immenso: dacchè l'ambiente distrugge come ha distrutto nel passato sia gli individui, sia le specie, sia i tipi che non sono adatti. Inoltre il Rosa ammette che in una serie continua di forme (un *phylum*, come si dice) si abbia ad un certo punto una bipartizione, una dicotomia, colla formazione di due nuovi rami originati da una specie madre, la quale scompare dopo aver dato origine alle due specie figlie. Questa dicotomia, l'esistenza cioè delle specie madri, ha avuto origine sino dai primordi della vita, con forme le quali forse non erano fossilizzabili. Le forme attuali sono tutte terminali, ed i loro phyla si possono considerare paralleli.

Poichè tutti gli individui, miriadi e miriadi, di una specie hanno la stessa potenzialità filogenetica, cioè la stessa prospettiva, ne risulta che essi, in qualunque punto della terra si siano affermati, possono dare origine ad un nuovo *phylum*. Perciò la parentela di individui della stessa specie, anche tra loro identici, può esistere risalendo alle specie stipite da cui è derivato lo stesso *phylum*. Questo principio ha un'enorme importanza per la Geologia, o meglio per la Paleogeografia. Oggi si cercano connessioni geografiche tra continenti, anche lontani, perchè in essi si è trovata la stessa specie. Si ammette pertanto che le due terre ove tale specie ha vissuto siano state unite. Coll'ipotesi del Rosa questa connessione non è più necessaria. Gli individui di una stessa specie possono trovarsi anche in regioni lontane tra loro e non essere consanguinei, ma solo parenti per una derivazione unica da una specie madre. Le specie madri, come si è detto, debbono essere vissute in periodi antichissimi della Terra, quando la Terra era di tipo più uniforme, e dovevano essere più semplici e quindi più indifferenti all'ambiente e più o meno cosmopolite.

Le nuove idee del Rosa vennero in Italia seguite da

pochi; all'estero, in Francia, vennero accolte per render conto della diffusione dell'Uomo.

I lavori di paleogeografia biologica che si fondano sulle nuove ipotesi del Rosa, sono dovuti prevalentemente al Colosi. Ma di essi sarà trattato in altra parte di questa collezione.

Si basa molto sulle idee del Rosa l'opera del Vinassa « Antagonismo », anch'esso di tipo filosofico-biologico, ma che ha rapporti colla paleontologia. Il concetto fondamentale del Vinassa è un dualismo antagonistico in ogni fenomeno vitale; gli organismi vivono solo se questo antagonismo perdura armonico, solidale coll'entità di cui gli antagonisti fanno parte. Quando l'armonia non è più possibile i due antagonisti si scindono, dando origine a due nuove entità. Con tale ipotesi le dicotomie specifiche del Rosa, contro cui si era appuntata la critica, sono giustificate. La formazione delle forme, fossili o viventi, è dovuta alla sopravvivenza delle forme adatte tra tutte quelle che l'ambiente ha distrutte. L'autore mantiene quindi anche in questo lavoro l'opinione della sua scuola, contraria a quello che si chiama *adattamento* all'ambiente; concetto a cui vien sostituito quello di *dominazione* dell'ambiente. Il concetto del Vinassa, espresso anche nel volume « La Terra » si può riassumere brevemente così. Noi vediamo che tanto nel passato quanto nel presente vivono le forme adatte a quel determinato ambiente, e pertanto, scambiando la causa per l'effetto, ne concludiamo che esiste una forza, una proprietà di adattamento. Che cioè gli organismi possono adattarsi all'ambiente. Invece, salvo poche modificazioni, che tutt'al più portano a formazioni di varietà o meglio ancora di razze, l'ambiente è incapace di formare nuove specie. Le adatte vivono, le inadatte sono distrutte. La evoluzione delle forme dalle più semplici alle più complicate prova non un successivo adattarsi all'ambiente, ma invece un successivo difendersi contro l'ambiente. Ora gli organismi che meglio son di-

fesi contro l'ambiente distruttore, sono quelli non passivamente adattatisi ma dominatori dell'ambiente. Pertanto, secondo il Vinassa, si deve parlare non di un *passivo* adattarsi, ma di un *attivo* dominare l'ambiente. Si tratta dunque di una Biocrazia, e solo gli organismi biocratici riescono a dominare l'ambiente, di sua natura provvidenzialmente distruttore.

Con le nuove idee generali scompaiono automaticamente tutti gli alberelli filogenetici, che verso la fine del secolo scorso si trovavano in quasi tutte le memorie paleontologiche, e dovevano stare a dimostrare i collegamenti di una forma più antica con una più recente.

Più che tentare l'impostazione di questi alberi filogenetici, impossibili a causa dell'antichissima scissione delle forme madri, è da ricercare quella che il Vinassa chiama Eutimogenesi, cioè la successione nel tempo e nello spazio delle forme adatte, scelte tra le infinite altre, inadatte, prodotte dalla filogenesi.

B - PALEONTOLOGIA ZOOLOGICA

Trattiamo qui dei non molti lavori nei quali i fossili vennero considerati come animali (delle piante è stato parlato in altro volume di questa collezione) e non come documenti per determinare l'età.

Ed iniziamo la rassegna parlando di alcuni avanzi che si aggruppano col nome di Problematici. Molti avanzi fossili non manifestano difatti nettamente la loro natura organica tanto che da taluni sono considerati come semplici impronte meccaniche. Su tali impronte fossili di dubbia interpretazione come i *Palaeodictyon* scrissero parecchi tra cui, in varie note, il Capeder e il Del Vecchio. Alla discussione prese parte anche il Silvestri, che ne sostiene l'origine organica riferendoli a speciali tipi di alghe. Della natura delle impronte a tipo fucoide si occupò il Franceschi, mentre al dibattito sulla natura di queste im-

pronte prende parte anche il Caterini illustrando avanzi di Nemertiliti. Sempre su tali impronte è anche da citare la nota di E. Fucini sulla cosiddetta pioggia fossile, la cui origine può essere riportata, secondo l'Autore, a cause diversissime.

E' interessante anche un recente lavoro del D'Erasmus che tratta di singolari incrostazioni calcaree che potrebbero essere considerate avanzi fossili.

Sulle impronte, arieggianti a fossili, e talune analoghe a quelle che il Fucini ritiene vegetali, si ha un accurato lavoro, che rende conto della estesa bibliografia e di varie esperienze, da parte del Redini.

Finalmente ricordiamo la grande e lussuosa memoria del Fucini, che corona decenni di ricerche nel Verrucano del M. Pisano, e di cui sono uscite due parti col titolo di Problematica verrucana.

A questi avanzi di cui è possibile contestare l'origine organica si aggiungono altri problematici, la cui natura organica non sembra dubbia, ma la cui posizione sistematica è incerta. Così nel materiale raccolto dal Duca degli Abruzzi il Parona e la Zuffardi-Comerci hanno trovato un fossile strano, la *Somalica aenigmatica*, la cui attribuzione a una determinata classe appare oggi impossibile.

Si può ritenere che effettivamente si tratti di Meduse per un complesso di forme, che, dopo la prima descrizione della *Lorenzina apenninica* del Gabelli, sono apparse meno rare di quanto non si credesse. Il fossile a tipo medusoide descritto dal Gabelli ha spinto anche il Simonelli ad occuparsi di queste singolari impronte. Per il Simonelli non si tratta di un tipo medusoide ma invece di un tipo oloturoide.

Su questo argomento si deve ricordare l'assai ampia e bene illustrata memoria del Gortani sulle impronte medusoidi del Flysch. E sempre su queste impronte medusoidi scrisse anche il Desio illustrando una forma dei

dintorni di Firenze. Il Neviani poi nel 1926 tornò a parlare della Medusa fossile della Farnesina da lui prima descritta e sulla cui organicità aveva espresso dubbi il Sacco. Anche in Sardegna venne trovata una Medusa ordoviciana e la descrive e figura il Taricco che ebbe la fortuna di scoprirla.

Per gli studi generali sui Foraminiferi eccelle il Silvestri, che ha introdotto la ricerca della struttura nell'indagine di questi animali. Tra le ricerche strutturali del Silvestri, assai numerose, è impossibile scegliere avendo, esse tutte una notevole importanza per la novità del metodo applicato. I primi studi strutturali del Silvestri si riferiscono alle Glanduline siciliane, a cui seguono, tra i più importanti, quelli sulla struttura delle Polimorfine di Caltagirone. Una interessante nota critica accompagnata da accurate descrizioni si deve pure al Silvestri su tipi di *Conulites* e di *Dictyoconus* dell'India e di Haiti.

Sugli idrozoi si ebbe, sino dal finire del secolo scorso, una monografia del Canavari sulle Ellipsactinidi titoniane ed una del Vinassa sulle Idractinie terziarie, che fanno ancora testo. Successivamente i lavori sulle Idractinie si svolsero prevalentemente all'estero.

Il lavoro del Patrini sulle Stromatopore di Gerolstein ha il merito di avere descritto queste forme non solo dal punto di vista paleontologico ma anche come costruttrici delle scogliere paleozoiche.

Altri importanti contributi allo studio di speciali organismi si debbono allo Scaglia. Questi aveva spesso espresso dei dubbi assai interessanti sulle opinioni correnti in paleontologia ad esempio sulla *Calceola*. Ma lo Scaglia scrisse anche una interessante nota sugli Aptici, che per lui non appartengono alle Ammoniti. L'idea fu accolta da pochissimi e combattuta con forma ridicolmente altezzosa dal Trauth. Riprendendo l'idea dello Scaglia la Scatizzi, dopo aver descritte alcune forme di Aptici, ne discute la posizione sistematica e ricorrendo al confronto con forme

viventi di crostacei ne deduce, d'accordo coll'idea dello Scaglia, l'appartenenza a questo gruppo.

Per quanto riguarda la *Calceola*, l'argomento venne ripreso dal Silvestri. Come si è detto lo Scaglia sino dal 1922 impugnò il riferimento, sino ad allora quasi pacifico, della *Calceola sandalina*, ben noto fossile del devoniano dell'Eifel, ai corallari. Per lo Scaglia si trattava invece di un Brachiopode. La nota del Silvestri riprende, con una documentata e bene illustrata memoria, l'argomento, concludendo che la *Calceola* deve riferirsi ai lamellibranchi, con esclusione assoluta dei corallari.

Come conclusione sui suoi numerosi studi sopra i Treptostomidi, e su basi completamente nuove, ma prettamente zoologiche, è stata proposta dal Vinassa una nuova classificazione di questi organismi in opposizione a quello troppo artificiale dell'Ulrich, che è esclusivamente morfologica.

Rari a trovarsi e sino ad ora pochissimo illustrati i coralli pennatulidi. In Italia nessuno se ne era occupato sinchè il Fucini non illustrò quelli liasici del Casale.

Gli alcionari terziari del Piemonte e della Liguria pure poco noti furono ampiamente illustrati, sempre dalla Zuffardi-Comerci.

Su di un gruppo mal noto e pochissimo studiato tra i fossili, gli Anellidi, scrisse un'ampia monografia il Rovereto che nella prima parte trattò degli anellidi del Terziario.

I Chitonidi non sono certo molto studiati; di grande interesse risultò pertanto la memoria del Fucini su quelli liasici della Montagna del Casale.

Unico studio sui Vermeti è quello del Rovereto, che se ne occupò in occasione della sua monografia sugli Anellidi.

Altro gruppo assai poco studiato è quello dei Cirripedi. Quindi fu benemerito della paleontologia italiana il

De Alessandri che ne fece oggetto di un'ampia monografia benissimo illustrata.

Anche sugli Echinidi si hanno interessanti lavori a tipo generale. Un fossile interessantissimo, un echinide a piastre indipendenti a tipo paleozoico ma proveniente dal titonico marchigiano, è stato ampiamente illustrato dal Fossa-Mancini. E a complemento di questo lavoro il Fossa-Mancini studiava e figurava la struttura della corona di alcune Ananchitidi, facendo poi interessanti ricerche sulla posizione tassonomica del genere *Ananchothuria*.

Lo Stefanini espone poi in una breve ma interessante nota l'importanza dello studio echinologico nei problemi di paleogeografia. Lo speciale gruppo dei Conoclipeidi e Cassidulidi è studiato pure dallo Stefanini, che arriva ad interessanti conclusioni tassonomiche. E' pure dello Stefanini un interessante lavoro, che non si limita alla semplice discussione di forme ma ricerca la distribuzione, l'origine e la filogenesi del gruppo delle Scutellidi.

Su talune anomalie degli Echinidi si hanno interessanti osservazioni del Checchia-Rispoli, del Tavani, del Viali. Ma di grande interesse è lo studio del Checchia-Rispoli sulla morfologia interna dei Clipeastridi, per il cui studio sono stati adottati metodi nuovi. Pure metodi nuovi sono stati adottati dal Boni, che ha studiato taluni fossili coi raggi X ed altri alla luce di Wood, giungendo a risultati che riducono assai gli eccessivi entusiasmi nati all'estero in relazione all'applicazione di questa luce.

Le otoliti dei pesci non erano state illustrate dai vari autori se non incidentalmente; quindi fu apprezzata la memoria del Bassoli, che trattava espressamente di questi interessanti avanzi del terziario dell'Emilia. A questa nota ne aggiunse una la Pieragnoli che illustrò le otoliti della Toscana.

Osservazioni interessanti si debbono al Parona in rapporto ad alcune deformità notate in un apparato cardiaco di una Ippurite.

Sulle deformità patologiche di organismi fossili non si hanno molti lavori. Oltre ai sovraelencati ricordiamo un'ampia memoria della Pieragnoli sulla patologia delle ossa dei vertebrati raccolti nella grotta di Equi nelle Alpi Apuane.

C - PALEONTOLOGIA CRONOLOGICA

Dopo i sopraindicati non molti lavori di Paleontologia biologica, abbiamo dinanzi a noi le migliaia di opere, memorie, opuscoli, note analitiche e descrittive a cui hanno dato origine i fossili italiani e stranieri studiati da una pleiade di valorosi paleontologi, in parte specialisti per determinati gruppi, in parte studiosi di complessi faunistici. Studi tutti che si riferiscono sia a determinati terreni, sia tendenti a stabilire età controverse, sia ad illustrare complessi di faune in terreni di età nota. Divideremo questo paragrafo per comodità di orientamento, in due sezioni: l'una relativa a determinati gruppi di fossili animali, l'altra comprendenti la illustrazione di intere faune, ripartite cronologicamente. Come si è già detto non trattiamo nè di singoli vegetali nè di flore poichè di esse si parla in altro volume di questa collezione.

a) *Gruppi e generi di fossili animali.*

Un campo molto esplorato per la ricchezza degli avanzi ed oggi anche perchè rientra negli scopi pratici della ricerca, specialmente degli idrocarburi, è quello che comprende i foraminiferi, e tra questi occupano un posto speciale le Nummuliti per il loro valore stratigrafico.

Nel campo dello studio dei foraminiferi tenne un posto preminente il Fornasini, che per vari anni si è instancabilmente occupato della illustrazione e della esatta figurazione dei foraminiferi terziari italiani, con un numero

grande di note e di memorie il cui elenco occuperebbe intere pagine. Anche il Dervieux ha illustrato questi fossili. Ma chi ha portato nuovi concetti e nuovi metodi di studio, specialmente coll'indagine microscopica della struttura, è stato il Silvestri, che dall'inizio del secolo è ancora sulla breccia, continuando con importantissime memorie l'opera iniziata. I lavori del Silvestri sono innumerevoli e noi non ne citeremo che alcuni. Così ricordiamo un'ampia e documentata illustrazione delle Alveoline mal descritte dal d'Orbigny. Molto materiale estero è stato studiato dal Silvestri. La direzione del Museo di Basilea aveva inviato del materiale da studiare proveniente da Sumatra a taluni paleontologi italiani. Il Silvestri studiò i foraminiferi preterziari facendo un'accurata revisione di quelli già descritti.

Oltre al Silvestri si è molto occupato dello studio dei foraminiferi il Checchia - Rispoli e difatti egli ci ha dato un importante contributo alla conoscenza delle Alveoline eoceniche della Sicilia, con una memoria bene illustrata e nella quale è considerata anche la struttura intima del nicchio.

Colla venuta del Checchia - Rispoli nel campo dello studio dei foraminiferi è nata una cortese polemica. Sulle Nummulitidi siciliane scrisse difatti il Checchia - Rispoli con un'abbastanza estesa memoria. Essa fu, come dicevo, l'inizio di una polemica durata a lungo tra l'autore e il Silvestri circa la presenza delle Lepidocline in questi giacimenti. Fa parte del gruppo delle memorie polemiche sui foraminiferi siciliani e sull'eocenicità delle Lepidocline la memoria sulla serie nummulitica di Bagheria e di Termini - Imerese. Questa è rinforzata da una nota del Di Stefano che prende decisamente parte per il Checchia - Rispoli.

Il Checchia - Rispoli continuando nelle sue asserzioni contro il modo di vedere del Silvestri pubblicava nel 1909 altre due interessanti note sulla serie nummulitica dei din-

torni di Termini-Imerese descrivendo la serie del Valone Tre Pietre e della regione Cacasacco, a cui il Silvestri rispose con altre due note che sostengono l'età cretacea di quei giacimenti. Continuando nella sua opinione sulla eocenicità delle Lepidocicline il Checchia - Rispoli pubblicò un'estesa memoria sulla fauna eocenica a nummulitidi di Castelluccio Valmaggiore in Capitanata. Sempre al complesso degli studi e della polemica sull'eocenicità o no di certe forme è da ascrivere l'ampio studio del Checchia - Rispoli sull'Eocene di Roseto Valfortore.

Tre interessanti lavori del Silvestri sull'*Omphalocyclus macropora*, l'*Orbitoides socialis* e l'*Orbitulites complanata* appartengono pure al gruppo polemico circa l'eocenicità delle Lepidocicline.

Continuando le sue ricerche sui fossili rimaneggiati e sugli errori stratigrafici che possono derivare dal misconoscere questo fatto, il Silvestri scrisse una interessante serie di osservazioni sui fossili del Nummulitico inteso in senso lato. Sempre sulla controversa opinione della sopravvivenza di alcune forme di Orbitoidi è da ascrivere un'altra cospicua memoria del Silvestri sulle orbitoidi cretacee rinvenute nell'Eocene della Brianza. A complemento della polemica sulle Lepidocicline, a cui aveva preso parte anche il Douvillé, il Silvestri espone in forma riassuntiva le sue opinioni circa la loro età geologica. Anche il lavoro sulla fauna paleogenica di Vosciano presso Todi del Silvestri è un contributo alla risoluzione della questione relativa all'età delle Lepidocicline.

Ma il Silvestri si è ampiamente occupato anche di altri gruppi di foraminiferi. Così le Fusulinidi del celebre giacimento del Sosio sono ampiamente da lui illustrate. E questo lavoro è stato di incentivo all'autore per preparare e pubblicare un'utilissima bibliografia sulle Fusulinidi. Finalmente un lavoro di revisione e di critica specialmente diretto contro i paleontologi nord-americani

e relativo al genere *Fusulina* si deve pure al Silvestri.

Sulle vere e proprie nummuliti sono importanti i lavori del Prever, che iniziò i suoi studi con una buona memoria sulle Nummuliti dell'Appennino meridionale basandosi sulla loro struttura. Il lavoro interessante e ben condotto ha servito di base a studi posteriori. Anche una delle più ampie e più complesse monografie sulle Nummuliti e le Orbitoidi terziarie italiane si deve al Prever, che illustra gli avanzi di questi generi provenienti dall'alta valle dell'Aniene.

Il Prever ha poi continuato ad occuparsi delle Nummuliti, ad esempio di quelle che si trovano nel tipo di scaglia, creduta cretacea, dell'Appennino centrale. Nummuliti ed orbitoidi dei dintorni di Derna sono illustrate pure dal Prever.

Interessante è la scoperta di nummulitidi nelle argille scagliose di Rio Ronco presso Bologna: esse sono state studiate dal Lipparini.

Su materiale estero extraeuropeo altri foraminiferologi hanno scritto. Così importanti contributi allo studio di foraminiferi dell'Insulindia si devono alla Osimo e alla Provale. La nota dell'Osimo tratta di forme eoceniche raccolte dal Bonarelli e questo studio si può dire il primo sul terziario di Celebes che era noto appena per qualche sporadica indicazione.

Il lavoro della Provale si basa pure su materiale raccolto dal Bonarelli in varie località di Borneo. Ma a differenza di Celebes l'isola di Borneo aveva già dato materiale bene studiato. Pur tuttavia la Provale può ampliare cospicuamente queste conoscenze. Altri foraminiferi terziari di Borneo, raccolti dal Bonarelli, trovarono un'accurata illustrazione da parte della Zuffardi-Comerci.

Lo studio dei radiolari fossili italiani fu iniziato nel 1898 dal Vinassa che illustrò quelli titoniani di Càrpena presso Spezia e nel 1900 pubblicò l'illustrazione dei radiolari miocenici di Montegibbio e di Arcevia di cui non si

avevano che poche note preventive del Pantanelli e del Tedeschi. Lo stesso autore studiava pure i radiolari cretacei dell'isola di Karpatos e quelli dei ditorni di Grizana e Lagaro nel Bolognese. Questa illustrazione venne completata dal Neviani, che ebbe pure a sua disposizione un buon materiale della stessa località.

Una importante contribuzione alla conoscenza dei radiolari è quella dello Squinabol sugli avanzi trovati nei noduli selciosi cretacei degli Euganei. La continuazione della memoria, iniziata nella Rivista di Paleontologia del 1904, fu pubblicata per suo conto dallo Squinabol, accompagnata da dieci bellissime tavole. Un'altra ampia monografia sui radiolari si deve pure allo Squinabol che illustra quelli cretacei di Novale presso Vicenza.

Lo Squinabol ha pure illustrato uno scarso e mal conservato materiale di Radiolari del Monginevro, riconoscendone l'età giurese. Il lavoro ha pertanto interesse geologico perchè serve a confermare l'età mesozoica delle pietre verdi alpine.

Nuovi radiolari giuresi sono descritti e figurati dalla Degli Innocenti. Per quanto il materiale sia mal conservato pure esso ha importanza perchè proviene da strati di età discussa di Rivara Canavese. Altri importanti studi sui radiolari terziari sono stati in seguito pubblicati. Così un importante studio sui radiolari del miocene medio è quello della Carnevale, che descrive e figura numerose forme di Bergonzano in provincia di Reggio Emilia. Anche il Principi illustrò una fauna a radiolari del miocene medio di Quattro Castella, raccolta dal Pantanelli. E finalmente si ha un altro lavoro sui radiolari miocenici di Salsomaggiore pubblicato dal Lucchese.

Non molto numerosi sono i lavori sulle spugne. Una ottima memoria che si riferisce in modo speciale alle silicospugne emiliane si deve al Malfatti. Un'interessante spugna esactinellide, il nuovo genere *Manzonia*, fu descritta dal Giattini del Miocene medio di S. Valentino.

Tra i fossili permiani del Sosio hanno grande interesse le Spugne o almeno quegli organismi che ad esse son riferiti nel Paleozoico. Tali avanzi vennero ampiamente illustrati dal Parona.

E finalmente un interessante lavoro sulle spicule di Spongiari miocenici del Capo S. Marco in Sardegna si deve al Canavari.

Sugli idroidi mesozoici abbiamo ottimi lavori del Parona e della Zuffardi-Comerci. Il Parona ad esempio ha ottimamente studiato gli idrozoi mesozoici di Capri e del Gargano. La Zuffardi-Comerci si è ampiamente occupata dei generi di Chetetidi, su cui era forte l'incertezza.

Le Stromatopore devoniane del M. Coglians furono illustrate dal Gortani che trovò numerose e interessanti forme. Una compiuta illustrazione dei coralli (intesi in senso lato) del devoniano medio della Carnia si deve al Vinassa. In questo lavoro sono in modo speciale illustrati i Tabulati e le Stromatopore dei ricchi giacimenti delle nostre Carniche.

Le Stromatopore ritenuti paleozoiche vennero trovate anche nel Mesozoico. In Italia stromatoporidi mesozoiche vennero illustrate dal Parona e poi dalla Osimo che descrisse forme giuresi e cretacee.

Sulle graptoliti carniche scrisse il Vinassa nel 1906 illustrando parecchie forme di diversi piani. Il Gortani riprese lo studio delle Graptoliti carniche, di cui aveva raccolto nuovo e più ricco materiale. Dallo studio di esso potè così stabilire l'esistenza di numerosi piani. Altre graptoliti del Wenlock provenienti dalle Carniche illustrò pure il Gortani, ed in una memoria successiva descrisse le Graptoliti del M. Hochwipfel, con che le faune graptolitiche della Carnia si schierano tra quelle più ricche di Europa. Dalla Sardegna eran note poche graptoliti per merito del Meneghini. Recentemente il Gortani ha descritto e figurato molte forme di Goni e della Sardegna

orientale, che permettono all'Autore di stabilire esatti orizzonti.

Più ricca è la bibliografia relativa ai corallari, specialmente terziari. Sui coralli giuresi del Gran Sasso d'Italia scrisse il Prever illustrandone parecchie forme. Tra le illustrazioni di materiali esteri citiamo l'interessante memoria del De Angelis sui coralli cretacei della Catalogna affidati per lo studio all'autore dall'Almera. Ampia monografia sui coralli oligocenici di Sassello si deve al Prever, che ne descrisse quasi 100 forme. Una completa revisione dei corallari fossili miocenici delle Colline di Torino pubblicò la Zuffardi - Comerci. Nel Sahel eritreo il Porro raccolse dei coralli che vennero studiati dalla stessa Zuffardi - Comerci e da lei riferiti prevalentemente al Miocene. Questo rinvenimento ha una notevole importanza per la storia del Mar Rosso.

La Montanaro illustra assai bene i fossili emiliani iniziando le sue memorie colla descrizione dei coralli pliocenici. Ad essa segue un'altra importante illustrazione dei coralli dello Schlier di Pantano presso Reggio. Un importante contributo alla conoscenza dei coralli recenti dall'Africa orientale da Mozambico a Mombasa e specialmente di Port Sudan si deve pure alla Montanaro.

Sui crostacei le memorie non sono eccessivamente numerose. Il Checchia - Rispoli, ad esempio, illustra ampiamente quelli dell'Eocene di Monreale presso Palermo, a cui poi aggiunge la descrizione di un brachiuro cretaceo della Sicilia. Altro lavoro sui crostacei si deve al Fabiani che illustra quelli terziari del Vicentino. Anche le forme di *Ranina* vennero rivedute e ridescritte dal Fabiani.

Non molto numerosi i lavori sugli entomostraci. Uno importantissimo su quelli siluriani della Sardegna è dovuto al Canavari. E' certo che questo interessante gruppo di Crostacei merita ulteriori studi e ricerche su materiale ancora inedito. Il Capeder ha studiato quelli pliocenici del Piemonte e della Liguria. Il Namias si è occupato

degli Ostracodi del pliocene recente dei dintorni di Roma. Anche il Neviani si è interessato di Ostracodi descrivendo quelli dalle sabbie postplioceniche calabresi, tra cui molte forme sono tuttora viventi ed altre sono nuove.

I Molluschi sono naturalmente tra i più studiati, data la facilità con cui si trovano fossili e sarebbe impossibile anche semplicemente elencare le memorie e le note sull'argomento. Una però porta il vanto su tutte ed è la colossale opera iniziata dal Bellardi sino dal secolo scorso sui fossili terziari del Piemonte e della Liguria e che è stata continuata e portata a termine dal Sacco. L'opera è un vero monumento, specialmente iconografico, relativo a questa interessante e classica fauna terziaria, ed è stata ed è la base per ogni successivo studio sui fossili di questo periodo in Italia e fuori.

Una bella pubblicazione analoga a quella del Bellardi e del Sacco è la illustrazione dei molluschi tongriani di Sassello e S. Giustina. Il materiale è egregiamente illustrato e figurato dal Rovereto. Lavoro di lunga lena e regolarmente portato a termine è quello che illustra i molluschi di M. Mario. Il Cerulli-Irelli che l'ha compiuta ha dato ottime descrizioni e figure di questa fauna marina che può considerarsi classica. I molluschi tortoniani di Montegibbio hanno trovato una valente illustratrice nella Montanaro.

Su singoli gruppi e generi si hanno pure cospicui contributi. Agli inizi del secolo già il Parona illustrava le Rudiste e le Camacce di S. Polo Matese, e dava così inizio ad una serie di note su questi importanti fossili, che si continua sino ad oggi ed ha fatto dell'illustre scienziato un vero specialista del genere. Insieme alle Rudiste ed alle Chamacee spesso il Parona illustra anche altre forme cretacee. Così si debbono a lui illustrazioni di giacimenti dell'Italia settentrionale come quelli con Rudiste di Aurisina, del Carso goriziano e dell'Istria, del Friuli occidentale, del Senoniano di Lissa, della Scaglia veneta, del Can-

siglio, del Col di Schiosi, del Colle di Medea. Dell'Italia centrale e meridionale il Parona illustrò le rudiste dell'Appennino centrale e meridionale, quelle di Vallelonga in Abruzzo, quelle di M. Salviano, della Pietra di Subiaco, e le faune cretacee di Anticoli, dei Monti di Bagno, del Gargano, di Valle Roveto. Illustrò pure le Rudiste della Tripolitania e quelle raccolte dal Desio a Zardeh Kuch in Persia.

Di generi studiati monograficamente citiamo i lavori dell'Ugolini, che ha illustrato i *Pecten* fossili italiani iniziando la sua attività in questo campo sino dal 1903 nella Rivista Ital. di Paleontologia, mentre è un lavoro di lunga lena la Monografia dei Pectinidi sardi ripartita in varie parti.

Sui gasteropodi della montagna del Casale in aggiunta alle note dei precedenti autori scrisse il Fucini. Mariano Gemmellaro illustrò ampiamente i Gasteropodi titoniani dei dintorni di Palermo. Il Dainelli parla poi di alcuni molluschi eocenici della Dalmazia, analoghi a quelli da lui studiati di Bribir. I molluschi pleistocenici della Caverna Barma grande presso i Balzi rossi sono illustrati dal Leonardi. E finalmente i molluschi di Vallebbiaia (Pisa), che già erano stati illustrati per il loro interesse faunistico, sono stati nuovamente studiati dal Caterini, che fa esso pure notare la presenza di forme di mari freddi e che stabilisce l'età del deposito al Postpliocene inferiore.

Anche ricchissima è la bibliografia sui Cefalopodi. All'inizio del secolo comparve, postuma, un'opera grandemente importante del principe dei paleontologi siciliani, Gaetano Giorgio Gemmellaro. Imponente è questo lavoro sui Cefalopodi del Trias superiore della Sicilia occidentale. Esso chiude degnamente l'opera veramente colossale fornita da questo instancabile esploratore e illustratore della sua Sicilia. Si tratta di 157 forme tutte accuratamente descritte e figurate.

Dopo la morte del Gemmellaro i due nomi che si

imposero in questo campo sono quelli del Canavari e oggi del Fucini. Il Canavari che ha numerose memorie di ammonitologia pubblicate nel secolo scorso, tra quelle recenti ne ha una molto estesa nella quale è magistralmente illustrata la fauna con *Aspidoceras acanthicum* del M. Serra presso Camerino.

Del Fucini le memorie di ammonitologia si contano a decine. In modo speciale sono state da lui studiate le Ammoniti liasiche come quelle dell'Appennino centrale. Ed altre grandi monografie del Fucini sono quelle sulle ammoniti liasiche dei M. di Cetona, quella pure assai estesa sulle ammoniti domeriane di Taormina, e, tra le altre, l'importante Sinopsis delle Ammoniti del Lias medio del Medolo, che mette un po' d'ordine nelle citazioni dei vari autori e pubblica gli originali del Meneghini, raggiungendo il cospicuo numero di 118 forme.

Anche il Bonarelli descrisse una bella fauna di Cefalopodi dell'Appennino centrale, accompagnata da nuove e originali discussioni filogenetiche e sinonimiche. Un paziente e minuzioso lavoro di revisione delle Ammoniti liasiche della Lombardia occidentale si deve a L. Negri.

Le Ammoniti giuresi non furono troppo studiate in confronto a quelle liasiche. Il Merla dà un importante contributo alla loro conoscenza illustrando quelle dell'Appennino centrale.

Di materiale delle nostre Colonie i cefalopodi raccolti al Sofegin dal Sanfilippo vennero descritti e figurati dal Sorrentino; mentre quelli raccolti dalla missione Zaccagna furono illustrati dal Fucini.

E finalmente l'interessante materiale di cefalopodi raccolto da Stefanini e Gortani nello Zululand venne accuratamente illustrato dal Venzo. Della stessa raccolta nello Zululand Montanaro e Lang studiarono i celenterati, gli echinodermi e i brachiopodi.

Dei briozoi recenti, terziari, per lunghi anni si è occupato il Neviani, che ne è esimio specialista e che ha fatto

una revisione generale di quelli italiani a cominciare dalle Idmonee. Interessante è pure, tra molte altre note del Neviani, quella sui briozoi fossili di Carrubare in Sicilia. Segue le tracce del Neviani, come specialista del gruppo, il Cipolla, che ha numerose note, tra cui una assai interessante sui briozoi raccolti dal Crema in Cirenaica. Anche la Zuffardi - Comerci si è occupata di Briozoi illustrando quelli neocretacei della Libia raccolti dal Parona.

Tra i lavori sui brachiopodi eccelle in modo cospicuo la bella monografia del Di Stefano sullo strano genere *Richthofenia*, abbondante nei giacimenti permiani del Sosio: la memoria è un vero modello di studio accurato e intelligente ed è fondamentale per lo studio di questo genere.

Sotto la direzione del Fabiani l'Istituto Geologico di Palermo ha avuto un nuovo impulso. I lavori sui brachiopodi siciliani si debbono in modo speciale alla Ruiz che ha illustrato quelli batoniani del M. Inici presso Trapani e successivamente le interessanti Strofomenidi del Permiano del Sosio recentemente criticate dal Greco.

Ben descritti e figurati sono i brachiopodi terziari del Veneto che trovarono il loro illustratore nel Fabiani.

Dai suoi viaggi nel Montenegro il Martelli riportò una cospicua messe di fossili. Tra questi sono da annoverarsi i Brachiopodi del Montenegro meridionale e occidentale, che vennero studiati dallo stesso Martelli.

Degli Echinidi si sono occupati l'Airaghi, ma più che altro lo Stefanini e il Checchia - Rispoli. L'Airaghi ha studiato gli Echinidi della Scaglia veneta, quelli oligomiocenici del Garda, quelli miocenici di S. Maria Tiberina ed altri; ma interessante in modo speciale è lo studio, specialmente di revisione, degli Echinidi terziari del Piemonte e della Liguria che l'Airaghi pubblicò nel 1901.

Il Checchia - Rispoli ha illustrato in due note gli Echinidi del Gargano, taluni senoniani, e tra altri anche quelli cenozoici della Cirenaica raccolti dal Crema.

Una completa illustrazione degli Echinidi della Sicilia è pure opera del Checchia, che in una prima parte descrive gli echinidi viventi sulle coste sicule, e nella seconda tratta di quelle del Siciliano del bacino di Palermo. Ricordiamo anche dello stesso autore la grande illustrazione dei Clipeastri miocenici della Calabria con ben 24 tavole in quarto. Egli, oltre alla descrizione delle forme, parla anche della morfologia interna dei fossili studiati e della loro classificazione, riportandosi al lavoro già precedentemente citato sulla struttura interna dei Clipeastridi.

Anche lo Stefanini ha illustrato speciali tipi di Echinidi come quelli importanti assai del miocene emiliano. Ottima la revisione degli echinidi del miocene di Malta.

Non molto studiati sono i crinoidi: possiamo però ricordare una buona memoria su quelli paleogenici, specialmente di Gassino, del Pasotti, ed un'altra su quelli miocenici delle colline di Torino dell'Albus.

Nel campo della ittiologia fossile fu indiscussa autorità il Bassani, che sino dal secolo scorso iniziò la sua attività in questo ramo della paleontologia e continuò sino alla sua morte. Sarebbe impossibile illustrare compiutamente l'attività dell'illustre nostro paleontologo. Tra i lavori più recenti ricordiamo la bella e completa illustrazione dei pesci della Pietra leccese. Tra gli ultimi lavori del Bassani va citata poi la bella memoria sui pesci delle argille plioceniche di Terra d'Otranto, che illustra molte centinaia di esemplari in buono stato, di cui alcuni accennano a mare profondo.

Scolaro del Bassani si è poi affermato nel campo della ittiologia fossile il D' Erasmo, che ha dapprima lavorato insieme al maestro, ad esempio nella importante memoria sui pesci cretacei di Capo d'Orlando presso Castellammare. Delle numerose opere del D' Erasmo ricordiamo la bella illustrazione dei pesci cretacei del Leccese. E pure dal D' Erasmo sono ampiamente descritti e benissimo figurati molti altri pesci fossili dell'Italia meridionale.

Un'altra utile e importante memoria, intitolata semplicemente catalogo, è pure dovuta allo stesso autore nella quale egli elenca e in parte descrive oltre 350 forme di pesci del Veneto. Ed anche i pesci miocenici di Rosignano Piemonte e di Vignale sono stati da lui descritti in una ampia memoria. Tra i lavori del D'Erasmus sono poi da ricordare in modo speciale i suoi studi sui pesci neogenici d'Italia.

Illustrazioni di pesci fossili sono pure opera del De Stefano, che prima dedicatosi ai rettili, ha poi studiato i pesci del pliocene toscano, del miocene della Calabria, del terziario emiliano e in modo speciale quelli della Pietra di Bismantova.

Sui pesci ha scritto anche il De Alessandri che descrisse forme tunisine e odontoliti del Canale di Suez; ma il lavoro suo più importante riguarda i pesci triassici della Lombardia, dei quali il De Alessandri fece un'accurata revisione. Molto importante è poi una memoria del Checchia-Rispoli sopra un nuovo genere di pesce del cretaceo superiore della Tripolitania, mentre altri interessanti avanzi di pesce della stessa età e provenienza descrisse la Serra nel 1933.

Sulle piastre dentarie di alcuni miliobati viventi e fossili scrisse il De Stefano. Molto interessante è una memoria sugli stessi pesci miliobati, tutti nuovi per la scienza, raccolti nella Sicilia, la quale fu pubblicata nel 1900 dal Salinas.

Uno dei più belli esemplari oggi esistenti di palato di *Ptychodus*, proveniente dal cretaceo superiore di Gallio nei Sette Comuni, è stato descritto e magnificamente illustrato dal Canavari.

Una revisione di vertebrati retici, specialmente pesci, studiati con nuovi metodi e dopo accurata preparazione si trova in un'ampia memoria del Boni. Il quale illustra pure, adoperando gli stessi metodi, anche altri interessanti resti di pesce.

Relativamente abbondanti sono le memorie e le note relative ai Rettili specialmente ai Cheloniani. Dei Cheloni fossili già si era occupato il Portis: più recentemente in una serie di note il De Stefano illustrò parecchie forme interessanti, tra cui anche talune estere. Il De Stefano si è occupato dei cheloni anodonti e dentati: ha pure illustrato i Batraci urodela ed altri rettili del Quercy, nonchè nuovi rettili dei fosfati tunisini. Importante è la memoria sua sugli *Ptychogaster* miocenici francesi assai ben illustrata.

Una bella forma di *Chelonia* del Pliocene di Orciano fu descritta dal Fucini, che ha pure illustrato un bell'esemplare di Trioncide, benissimo figurato, il quale era stato solo sommariamente descritto dal Lawley. Un altro bell'esemplare di Chelonide del Miocene del Leccese ed un interessante Trioncide del Miocene bellunese vennero studiati ed illustrati dal Misuri. Finalmente il Fabiani ha dato un'accurata descrizione di un bell'esemplare di Cocodrillo esistente nel Museo di Padova.

Di uccelli fossili si è occupato si può dire quasi esclusivamente il Regalia, che si era fatta una profondissima conoscenza delle ossa di questi animali. Avanzi di uccelli sono descritti dal Regalia nel suo studio sulla fauna della Grotta del Castello presso Termini-Imerese: ma ad essi si uniscono altri avanzi tra cui l'*Asinus hydruntinus*, assai importante per le conseguenze che si possono trarre dalla sua presenza in quel deposito.

Resti di uccelli quaternari delle Apuane ha descritto il Del Campana, che ha pure illustrato alcuni interessanti avanzi di penne dei travertini toscani.

Un bellissimo esemplare di pipistrello, vera rarità paleontologica, che si conserva nel Museo civico di Vicenza, è illustrato dal Meschinelli che dà pure un riassunto di quanto si conosce sui chiroterti fossili.

Ricca è la produzione dei paleontologi italiani nello studio dei mammiferi fossili.

Ampia e riccamente illustrata è la monografia sui mammiferi quaternari veneti dovuta al Fabiani. La quale trovò un complemento in un copioso elenco dei mammiferi fossili e viventi delle Tre Venezie pubblicato da G. B. Dal Piaz. Sui mammiferi dell' Imolese scrisse il De Stefano.

Tra i più interessanti lavori sui carnivori citiamo ancora la memoria dell'Airaghi, di cui già facemmo parola nella parte generale. Molto importante è quello sui molari di elefanti lombardi, non tanto per la descrizione delle forme quanto, come si è detto, per le importanti considerazioni sulla filogenia e la scomparsa di alcuni proboscidiati. Ed altre interessanti note dello stesso autore sono quelle sugli orsi fossili di Lombardia e l'altra sui Rinoceronti europei, entrambe accompagnate da importanti considerazioni filogenetiche.

Un principe dello studio dei vertebrati ed in modo speciale delle Balene fu il Capellini, che per una lunga serie di anni ha pubblicato note e memorie che hanno fatto di lui una vera autorità in questo campo. Nei primi anni di questo secolo ai numerosi lavori precedenti il Capellini ha aggiunto molte memorie sulle Balene fossili toscane, di Montaione, del Valdarno etc., e tra queste assai importante l'illustrazione della Balenottera miocenica di S. Marino. Ma il Capellini ha studiato e descritto anche altri gruppi di vertebrati: ad es. lo Squalodonte di Schio, Zifiodi, Tapiri etc. Belle anche le memorie sui Mastodonti del Museo di Bologna e sull'esemplare raccolto a Montespertoli.

La ricchissima raccolta dei vertebrati conservata nel Museo di Firenze, la più completa che si abbia in Italia, ebbe alcuni illustratori tra cui il Bosco, il Barbolani, ma in modo speciale il Del Campana. Questi ha illustrato i cani pliocenici, i felini pure pliocenici, la iena dell'ossario di Olivola, le Antilopi terziarie toscane, poi i felini e le

testuggini di Salonicco ed i cani di Chiusi, i Tapiri del Terziario e il cane quaternario.

I mammiferi dell'Italia meridionale sono stati studiati in modo speciale dal De Lorenzo e dal D'Erasmus. Di entrambi questi autori si ha un'estesa descrizione dell'*Elephas antiquus*, accompagnata da magnifiche tavole e da interessanti notizie. Gli stessi poi studiano tutti gli avanzi di Ippopotamo rinvenuti nell'Italia meridionale.

Un'altro importante contributo alla conoscenza dell'*Elephas meridionalis* nell'Abruzzo e nella Lucania si deve poi al solo D'Erasmus.

I bovini quaternari, non molto studiati dagli autori, trovarono un valente illustratore nel Brentana della Facoltà di Veterinaria di Parma. Il quale poi illustrò anche ampiamente i cani delle Terremare del Parmense.

L'Ugolini ci ha dato le più interessanti note sulle foche fossili; egli iniziò uno studio di revisione sulle varie foche esistenti in molti Musei italiani e pubblicò poi una descrizione dello scheletro di *Monachus* rinvenuto nel Pliocene di Orciano. Lo stesso Ugolini illustrò poi gli avanzi di Rinoceronte della Val di Chiana.

I Rinoceronti dell'Astigiana, benissimo conservati, furono descritti dal Sacco; mentre P. Zuffardi ci ha dato una bella memoria sugli elefanti fossili piemontesi. Avanzi di elefante furono anche rinvenuti in Istria e furono studiati e descritti dal Leonardi.

Un complesso veramente cospicuo di memorie sui vertebrati, specialmente del Veneto, è opera dei due Dal Piaz.

G. Dal Piaz illustra da par suo in una serie di memorie gli Odontoceti del Miocene bellunese: uno Squalodonte nuovo, *Neosqualodon* e bellissimi avanzi di *Cyrtodelphis* pure dell'arenaria di Belluno.

G. B. Dal Piaz studia un interessante suide di Cadibona, il *Palaeocheirus leptodon*, un'Alce quaternaria, poi, in una ampia serie di memorie, ciascuna destinata al-

l'illustrazione di uno special genere, ha compiuta la illustrazione dei mammiferi dell'Oligocene veneto.

Finalmente, sebbene l'argomento sia piuttosto di pertinenza dell'Antropologia preistorica, crediamo bene ricordare le memorie relative all'importante scoperta del cranio umano di Saccopastore, e tra le quali primeggiano quella del Sergi, il fortunato scopritore, poi quelle del Blanc e del Genna.

b) *Faune fossili.*

Prendiamo qui in considerazione quei lavori che non trattano monograficamente generi o gruppi ma considerano interi complessi di faune.

E naturalmente cominciamo dal considerare quelle più antiche. I terreni antichissimi (Cambriano, Siluriano, Devoniano) non hanno da noi quello sviluppo che hanno in altre regioni, per citare un esempio la regione inglese, la Russia, la Boemia etc. Il nostro paleozoico antico è limitato alle Alpi orientali ed alla Sardegna. Sviluppo completo ha il Paleozoico nelle Alpi Carniche delle quali tratteremo più partitamente.

Sul Cambriano sardo avevano scritto il Bornemann e il Meneghini. Recentemente il Taricco ha potuto dimostrare in base ai fossili da lui raccolti che il Cambriano è assai più diffuso di quanto non si vedesse.

I fossili ordoviciani sardi, in piccola parte già descritti dal Meneghini, ebbero una nuova illustrazione, su materiale assai più ricco, da parte del Vinassa.

Importante contributo del Gortani è quello relativo ai fossili ordoviciani del Caracorum raccolti dalla spedizione De Filippi -Dainelli. Numerose specie anche nuove sono illustrate, mentre le già note servono ottimamente a scopi cronologici.

Assai rari i fossili devoniani; fuori dalla regione carnica, ne vennero citati della Sardegna dal Lovisato. Su

materiale non italiano ha scritto un'importante nota il Feruglio, il quale ha raccolto un ricco materiale argentino. Tra i lavori cui queste raccolte hanno dato luogo è da ricordare quello relativo ai fossili devoniani di Que-mado.

Assai interessante perchè completamente nuova è la fauna carbonifera dell'Elba descritta dal De-Stefani. Con questo studio vennero corretti certi inesatti riferimenti contenuti nella vecchia Carta geologica dell'isola.

Sui fossili permiani si hanno taluni interessanti lavori. Il Caneva accennò per primo ad una ricca fauna del Veneto. Questo materiale venne ripreso in istudio dal Merla, che ci ha dato interessanti lavori sui fossili di questo periodo. La memoria relativa alla fauna del calcare a *Belle-rophon* della regione dolomitica, è importante non solo per il cospicuo numero delle forme descritte, ma anche per le notevoli considerazioni di tipo generale faunistico e cronologico che lo accompagnano.

Veramente fondamentale è l'ampio studio del Merla sull'Antracolitico del Caracorum. Esso si inizia con importanti considerazioni geologiche e stratigrafiche, con ricchi confronti, con riferimenti ad altri terreni per chiudere con una accurata descrizione della ricca fauna.

Anche l'Airaghi potè descrivere una interessante fauna permiana di Recoaro. Di sommo interesse è lo studio del Greco relativo ai fossili permiani del Sosio. Dopo la scoperta di questo giacimento, per parte del Gemmellaro, scoperta che ebbe un'eco mondiale, la illustrazione dell'enorme materiale raccolto e conservato, oltre che a Palermo, anche a Pisa, Firenze e Padova fu sospesa. Benemerito è stato quindi il Greco che ha ripreso in esame i fossili del Sosio illustrandone buona parte a cominciare dai cefalopodi, cui si sono ora aggiunti i molluschi mentre a lui si sono associati altri studiosi. Di modo che presto l'intero complesso della fauna si potrà considerare ampiamente e adeguatamente illustrato.

Tra i principali illustratori di questo importante materiale sono il Silvestri per le Fusulinidi, e il Parona per le cosiddette spugne. Sullo stesso materiale poi il Parona pubblicò, a complemento del suo studio, delle osservazioni sull'interessante *Permosoma tunicatum* e sulle *Littonia*. I crinoidi ebbero un illustratore estero, il Yakovlew.

Abbiamo voluto conservare unito il complesso dei lavori sul Paleozoico carnico, che è il solo completo in Italia dall'Ordoviciano al Permiano.

Di grande interesse, anche per la cronologia della regione, è la memoria del Vinassa relativa all'Ordoviciano del nucleo centrale carnico, in quanto l'Ordoviciano era appena noto per una fortunata scoperta del Suess in Val di Uggwa. Ed anche al Vinassa si deve la illustrazione dell'Ordoviciano di questa località, che si è dimostrata assai più ricca di quanto non apparisse dalle poche notizie dei geologi austriaci.

Sempre sull'Ordoviciano carnico scrisse poi successivamente il Vinassa illustrando la faunula contenuta alla base del Capolago presso Volaiia: la scoperta di questa fauna servì ottimamente per modificare le conoscenze che si avevano sulla stratigrafia di questo interessante punto delle Carniche. Successivamente il Vinassa illustrava i fossili silicizzati dei Monti di Lodin, in piccola parte già studiati dal De-Angelis, che hanno una posizione cronologica che può sollevar dubbi. E successivamente studiava l'importante fauna dei calcari a *Megaera* del Passo di Volaiia. Insieme al Gortani lo stesso autore illustrava la bella fauna neosilurica del Pizzo di Timau e dei Pal. Località tutte ricordate appena dai precedenti studiosi. Vinassa e Gortani illustrarono inoltre, il primo per la flora, il secondo per la fauna, il ricco giacimento carbonifero del M. Pizul. Numerose sono le contribuzioni allo studio del paleozoico Carnico del solo Gortani, che le iniziò col suo primo lavoro sul Permocarbone del Col Mezzodì pubblicato nel 1903, a cui fece seguito la più ampia memoria

che descrive la fauna assai complessa di questo interessante giacimento. La seconda contribuzione del Gortani è relativa alla faune devoniane del Germula, della Ciana-vate e del Coglians. Ad essa fa seguito la terza contribuzione, di grande importanza data la novità dei giacimenti, e che contiene l'illustrazione dei fossili devoniani del calcare a *Climenia* del Promosio. La quarta contribuzione illustra la fauna mesodevonica di Casera Monumenz, una delle più ricche della Carnia. Ad essa fece seguito una quinta contribuzione che illustra un'altra interessante fauna, quella eo-devonica della base del Capolago, presso il passo di Volaiia. Inoltre il Gortani si occupò anche del Permiano, illustrando la fauna del calcare a *Bellerophon* di varie località carniche. Delle speciali ricerche sulle Graptoliti dovute a questo autore già abbiamo detto.

I giacimenti fossiliferi triassici non sono frequenti in Italia e la maggior parte di essi è rappresentata dalle regioni alpine e da quelle meridionali.

Delle regioni alpine si possono citare importanti lavori. Interessanti studi sui fossili triassici alpini si debbono al Tommasi specialista del Trias settentrionale, che già dal 1894 aveva pubblicato una notevole memoria sul Calcare conchiliare della Lombardia. Il Tommasi poi ha fatto un'importante revisione della fauna della Dolomia principale lombarda, a cui vengono aggiunte altre nuove forme. Ad essa fecero seguito altre note e memorie tra cui quella assai ampia e bene illustrata sui fossili della lumachella di Ghegna.

La bella illustrazione del Tommasi sui fossili ladinici del Clapsavon si riferisce per oltre la metà allo studio delle Ammoniti.

Una bella monografia sui fossili di Valdepena in Cadore scrisse il valoroso Antonio De-Toni, che la riferì al Wengen (Longobardico).

Il Desio abbastanza recentemente ha illustrato alcuni fossili delle Alpi occidentali in gran parte appartenenti al

Ladinico, al Raibliano e al Norico, a cui si aggiungono poche forme liassiche e giuresi.

Recentemente i fossili werfeniani veneti ebbero un valoroso illustratore nel Leonardi, che sottopose a studio delle collezioni ricchissime e che comprendono l'intero territorio delle Venezie. Un certo valore ha pure lo studio del Vialli sui fossili werfeniani delle Odle di Eores.

Abbastanza numerosi sono anche i lavori sulle faune triassiche dell'Italia meridionale di cui uno dei primi è quello del De Lorenzo sui fossili della Lucania. Sul Trias dei dintorni di Giffoni nel Salernitano scrisse un'ampia memoria il Galdieri, che dopo un'esauriente introduzione geologica descrive i fossili del Ladinico, del Raibliano e della Dolomia principale. Lo stesso Galdieri ha poi accuratamente descritto la fauna malacologica di Giffoni, facendo una revisione delle forme illustrate sino dal 1864, e corredando il lavoro di interessanti note di confronto.

Abbastanza numerosi sono gli studi sul Trias siciliano. G. G. Gemmellaro aveva illustrato i cefalopodi del Trias superiore della Sicilia, dei quali fece una interessante revisione il figlio Mariano aggiungendovi anche la descrizione dei Gasteropodi.

Un'importante ed ampia illustrazione dei fossili della Dolomia principale siciliana scrisse, colla competenza che lo distingueva, il Di-Stefano, che studiò i brachiopodi ed i molluschi, specialmente i Megalodontidi, di regioni sino ad allora poco note.

Lo Scaglia che ebbe la fortuna di scoprire una ricca fauna triassica al M. Judica ne fece oggetto di tre interessanti memorie riccamente illustrate, comprendenti echinidi, brachiopodi e molluschi. Al lavoro dello Scaglia fa seguito quello del Maugeri-Patanè che illustra i coralli di M. Scalpello.

I paleontologi italiani si occuparono anche di faune triassiche da loro raccolte fuori d'Italia.

Sul Trias del Montenegro scrisse il Vinassa illustran-

do i fossili triassici del Muschelkalk del Sutormann. Nota che ebbe un certo valore, poichè precedenti autori avevano dichiarato il Montenegro regione priva di fossili. A questa nota, a sempre più dimostrare la presenza di fossili nel Montenegro, seguono le memorie del Martelli sul materiale raccolto nel suo viaggio. Il Martelli riuscì a trovare nel Trias montenegrino anche i cefalopodi, che al Sutormann non sono presenti. Un'altra memoria del Martelli permette di riferire al Wengen i terreni della Zermniza. Martelli poi descrive una ricca raccolta di Cefalopodi da lui raccolti a Boljevici presso Vir nel Montenegro e appartenente al Trias medio. Lo stesso autore continuando la illustrazione dei fossili da lui raccolti nel Montenegro descrive le faune triassiche, specialmente costituite da cefalopodi, di Radec Velje e di Skala vucetina.

Di Rodi si hanno pure studi paleontologici. Tra questi, per la importanza del terreno da cui provengono, ha molta importanza la memoria sul Ladinico superiore dovuta al Migliorini per la parte più specialmente geologica e al Venzo per la parte paleontologica. I fossili abbastanza numerosi non lasciano dubbio sul riferimento cronologico.

Il Retico, che ha tanto interesse, specialmente nella regione alpina e nell'Italia centrale, ha vedute le sue faune illustrate sino dalla fine del secolo scorso tra gli altri dal Capellini, che studiò i fossili della Spezia, dal Simonelli che studiò quelli del M. di Cetona e più che altro dallo Stoppani con la sua nota Monografia. Più recentemente il Mariani si è occupato con una nota importante della fauna retica lombarda, facendo un'accurata revisione delle forme descritte dallo Stoppani.

I fossili retici dei M. Pisani presso Caprona furono illustrati dal Vinassa, che potè avere a sua disposizione un ricco materiale estratto da una nuova cava. Anche lo Stefanini ha illustrato la fauna retica di Selvena presso Siena.

Dei fossili retici dell'Umbria scrisse il Merciai e il

Principi: benchè manchi l'*Avicula contorta* pare che effettivamente si tratti di Retico.

Molto più ricchi e diffusi essendo i giacimenti del Giuraliassico numerose sono le note e memorie relative alle faune in essi contenute e di cui citiamo le più importanti.

Sul Lias veneto scrisse il Dal Piaz G. illustrando un giacimento di Lias inferiore dei Sette Comuni. Un'ampia memoria sui fossili domeriani della provincia di Brescia scrisse il Bettoni. I fossili descritti e figurati appartengono in modo speciale ai cefalopodi che sono di gran lunga i predominanti nelle faune di questo periodo. La bella fauna liassica di Vedana nel Bellunese venne illustrata dal De-Toni. Una ricca fauna liassica a brachiopodi delle Tranze di Sospirolo è descritta dal Dal Piaz G.

Ricchissima è la produzione del Fucini sulle faune liassiche italiane iniziata sino dalla fine dello scorso secolo. Egli illustrò le faune delle Apuane, della Lunigiana, del calcare ceroide del M. Pisano, di M. Calvi, della Spezia, di Chañarcillo nel Cile etc. Più recenti sono gli studi sui fossili di Gerfalco, su taluni lamellibranchi dell'Appennino centrale e più specialmente le amplissime monografie sulle Ammoniti, gruppo di fossili dei quali il Fucini, come si è detto, è specialista esimio.

Sul Lias dell'Italia meridionale abbiamo pure molte note: una del 1893 è dovuta al Greco che studiò i giacimenti di lias inferiore di Rossano Calabro.

Sui giacimenti liassici della Sicilia porta il vanto lo studio del Di Stefano sui fossili di Lias medio di M. Erice pubblicato nel 1891. Ad esso altri se ne sono aggiunti, tra cui citiamo quello del Maugeri-Patanè sul Lias di S. Teresa di Riva, giacimento ricco ed interessante e assai bene illustrato dall'autore.

Sui fossili del Giura tipico non mancano i lavori. Tra questi uno dei più importanti è l'ampia monografia del

Dal Piaz G. sui fossili del M. Pastello, preceduta da importanti considerazioni stratigrafiche.

Il Mariani che si è sempre occupato espressamente di geologia e paleontologia lombarda, ha illustrato nel 1900 i fossili del Giura e dell'Infracretaceo della Lombardia in modo speciale rappresentati da Cefalopodi. Il Parona ha poi illustrato alcuni fossili del Giura superiore dell'altipiano del Lavarone. Sui fossili del Giura superiore dei Setti Comuni, in prevalenza Ammoniti, scrisse il Del Campana. Il Fucini illustra i fossili del Grappa. Nel Giurese del M. Peller venne raccolto un cospicuo materiale la cui fauna venne illustrata dal Vinassa e dal Vialli nelle memorie del Museo di Trento.

Delle faune giuresi dell'Italia meridionale citiamo in modo particolare quelle lucane illustrate dal Greco, ad esempio quelle del M. Foraporta presso Lagonegro.

Dei terreni siciliani i tufi vulcanici giuresi di Roccapalumba hanno dato avanzi fossili assai interessanti, che la Ruiz illustra in una memoria. Sui fossili giuresi sardi dei quali si erano occupati il Meneghini, nell'opera monumentale del Lamarmora: *Voyage en Sardaigne*, III, e successivamente il Fucini, scrisse anche il Dainelli illustrando i molluschi batoniani.

Le faune cretacee si riferiscono in modo speciale a quel gruppo di Lamellibranchi, ippuriti e rudiste, che hanno predominato in questo periodo. Specialista di questo tutt'altro che facile gruppo è il Parona, del quale abbiamo già citato parecchie memorie di varia mole relative a questi fossili. Ma anche di altri gruppi si è occupato Parona specialmente nell'imponente memoria sulla fauna coralligena dei Monti d'Ocre in Abruzzo. Un gran numero di corallari, lamellibranchi e gastreropodi è descritto e figurato in questa memoria che è veramente fondamentale per la regione. Su questa fauna un'autore tedesco aveva pubblicato un affrettato lavoro, benchè fosse noto che il Parona ne aveva iniziato lo studio.

Faune pugliesi a tipo coralligeno ha illustrato anche la Zuffardi - Comerci, che ha studiato un ricco materiale raccolto dal Crema. E il D' Erasmo illustra ottimamente la fauna cenomaniana di Pietrarroia in provincia di Benevento, costituita in gran maggioranza da pesci.

La fauna cretacea dei dintorni di Firenze, benchè mal conservata, ha dato modo al Desio di dare una descrizione di alcune forme tipiche, di cui alcune nuove.

Di grande interesse è anche la recentissima memoria del Trevisan sulla fauna cenomaniana della Sicilia occidentale, che si presenta con facies africana.

Una viva discussione si è accesa da tempo relativa all'età delle argille scagliose. Il Sacco è fautore di un'età esclusivamente neo - cretacea. Altri non approvano questa idea. Tra essi l'Anelli, che pubblica una breve ma importante nota sui fossili da lui raccolti in quelle argille e che comprendono un'ammonite e un fossile singolare che il Sacco crede un crinoide mentre l'Anelli lo nega.

Poniamo tra le descrizioni delle faune cretacee anche le memorie del Fucini sui fossili del Verrucano del M. Verruca, che il Fucini crede dover riferire al tipo lagunare del Cretaceo, il Wealdiano. A queste prime memorie il Fucini ha aggiunto altre note per giustificare il riferimento al Wealdiano di questi terreni verrucani. Questa opinione ebbe numerose critiche da parte di geologi italiani, e conferma da parte di scienziati austriaci, cui il Fucini ricorse.

L'illustrazione dei fossili delle nostre colonie ha raggiunto in questi ultimi tempi un cospicuo sviluppo. Così è stato ad esempio per le faune cretacee. Sul cretaceo di Orfella nel Gebel Soda, scoperto dallo Sforza, scrisse il De Stefani illustrandone una ricca fauna. Sul neo - cretaceo della Tripolitania pubblicò poi una cospicua memoria il Parona, illustrando le numerose Rudiste e successivamente gli altri molluschi. Il materiale raccolto dallo Zaccagna nella sua esplorazione geologica della Tripolitania occi-

dentale venne illustrato dal Fucini che studiò i cefalopodi, dal Vinassa che studiò i molluschi, dal Principi che studiò i vegetali. La spedizione Sanfilippo in Tripolitania, destinata alla ricerca dei fosfati, ha raccolto numerosi fossili cretacei, maestrichtiani, provenienti dal Soffegin. Questi vennero illustrati quasi tutti (salvo pochi elaborati dalla Serra) in una serie di interessanti memorie del Checchia-Rispoli. Sono prevalentemente echinidi e molluschi, tra i quali compaiono forme di grande interesse.

La fauna cenomaniana completamente nuova delle argille verdi di Gerusalemme è illustrata dallo Shalem. Lo stesso illustra anche un giacimento cenomaniano della Palestina con brachiopodi prevalenti, e recentemente una nuova fauna cretacea della Siria.

Lo studio dello Zuffardi sul M. Dibrar nel Caucaso non si limitò alla geologia; egli potè anche illustrare un gruppo di fossili cretacei.

Le faune terziarie furono maggiormente studiate nel secolo scorso che non in questo. Pur tuttavia possiamo citare delle memorie veramente cospicue. Così i fossili dei Colli berici ebbero il loro illustratore nel Fabiani, che ci ha dato una grande memoria in cui descrive ben 621 forme (ad esclusione dei foraminiferi) che dal Cretaceo, Senoniano, arrivano sino al Plistocene. Molte delle forme sono benissimo figurate. Veramente colossale è l'illustrazione paleontologica del Dainelli la quale fa seguito alle notizie geologiche sull'Eocene friulano. In essa sono illustrate quasi 700 forme diverse di fossili eocenici.

Dainelli illustra poi la fauna eocenica di Bribir in Dalmazia scoperta dal Fortis nel 1774, ma raccolta solo dal De Stefani e poi dal Dainelli stesso. Anche fossili dell'eocene medio di Ostroviza sono illustrati dallo stesso Dainelli. Il suo collega di scuola Martelli illustrò esso pure i fossili eocenici di Bribir e di Spalato.

Continuando i suoi studi nel Genovesato il Rovereto si occupò dei terreni oligocenici e dei loro fossili, di cui

ha illustrato e figurato un cospicuo numero di forme. Una ampia monografia dei fossili neogenici trentini, veronesi e bresciani si deve al Venzo che in una prima parte illustra i pesci, i crostacei e i lamellibranchi.

A seguito della estesa sua memoria geologica sul neogene veneto lo Stefanini ne descrive ampiamente i fossili.

Del miocene pavese il M. Vallassa aveva dato alcune forme descritte dal Mariani. Recentemente il Boni ha potuto raccogliere un ricco materiale e descrivere e in parte figurare ben 79 forme.

Sui fossili, specialmente foraminiferi, vermi e molluschi del paleogene di Rodi, scrisse il Reina. Anche il terziario dell'Albania ha dato materia di illustrazione di fossili miocenici raccolti nei dintorni di Dulcigno e descritti dal Vinassa e dal Nelli.

Dopo le sue escursioni in Cirenaica lo Stefanini e i suoi scolari ne hanno illustrato i fossili. Una ricca memoria dello Stefanini rende conto dei fossili terziari della Cirenaica, dall'Eocene al Miocene.

Monografie speciali di faune quaternarie non sono comparse. Di questi terreni si hanno però illustrazioni, con citazioni e descrizioni di fossili, da parte specialmente del Blanc, che è un serio e coscienzioso conoscitore del quaternario italiano ed estero.

Per terminare aggruppiamo qui le memorie che hanno avuto origine da speciali spedizioni scientifiche e le cui raccolte vennero illustrate da vari specialisti.

Una vecchia raccolta di materiale egiziano venne fatta nel 1868 dal Figari bey e da lui donata al Museo di Firenze. Il materiale interessante rimase ignorato sinchè non ne intraprese lo studio in modo speciale il Greco. Questi studiò le forme cretacee costituite da cefalopodi, gasteropodi, lamellibranchi, e pesci. Al Greco si unirono lo Stefanini che studiò gli echinidi cretacei ed eocenici. Mentre la Pieragnoli illustrava i rimanenti fossili eocenici.

Il materiale raccolto nella spedizione al Caracorum

del Duca di Spoleto non fu molto abbondante. I fossili, molti dei quali inclusi nella roccia, furono studiati dal Silvestri. Invece enormemente ricche furono le raccolte del Dainelli nei monti asiatici, durante la sua grandiosa spedizione. Abbiamo già citato le memorie cospicue sul Paleozoico del Merla e del Gortani. Ricordiamo qui l'ampia illustrazione del Parona che studiò le faune cretatiche, specialmente costituite da molluschi e corallari e poi quelle assai meno ricche del Trias, specialmente superiore.

Il materiale della Patagonia raccolto dal Feruglio e da lui donato al Museo di Bologna è stato illustrato dal D' Erasmo che si è occupato dei pesci e dal Feruglio stesso, che in una voluminosa memoria ha descritto una fauna ricca per quanto mal conservata, che può riferirsi al Titoniano, al Cenomaniano, al Sopracretaceo e al Patagoniano.

Aggruppiamo ora le illustrazioni del materiale delle nostre colonie raccolto in seguito a speciali spedizioni. La missione all'oasi di Giarabub fu organizzata dalla R. Società Geografica sotto la direzione del Desio. Nella parte relativa alla Paleontologia il Desio stesso studia i molluschi, gli echinidi, e gli artropodi; il Silvestri ne studiò i foraminiferi e il Cipolla i briozoi.

L'illustrazione della fauna giurese delle Alpi dancale, raccolta dalla spedizione Vinassa - Cavagnari è stata eseguita con molta accuratezza dal Diaz - Romero.

La missione a Cufra, sempre diretta dal Desio, raccolse pure un cospicuo materiale che ebbe numerosi illustratori. Così la Zuffardi - Comerci ha studiato i corallari terziari della Cirenaica e del Fezzan orientale e G. Negri ha illustrato i Gasteropodi, gli Scafopodi e i Cefalopodi della stessa località. I foraminiferi terziari della Sirtica ebbero il loro illustratore nel Silvestri. Lo stesso Desio ha trattato dei lamellibranchi paleogenici e delle faune neogeniche della Sirtica, mentre gli Echinidi vennero studiati dall'Airaghi e i vertebrati terziari dal D' Erasmo.

Dei terreni antichi il Chiarugi rende nota una Tallofita del deserto libico che accenna un Paleozoico antico e il Negri, studiando altre impronte fossili dello stesso deserto, vi riconobbe una forma del Carbonifero medio.

Speciale volumi della « Paleontographia italica » contengono la illustrazione del materiale raccolto dallo Stefanini durante le sue esplorazioni della Somalia. I molluschi marini e continentali del pleistocene sono descritti dal Nardini. Il ricco materiale con foraminiferi del cretaceo e dell'oligo-miocene, è illustrato in un'ampia e documentata memoria dal Silvestri.

Lo Stefanini stesso poi illustra i molluschi, i cefalopodi, gli echinodermi, i vermi, i briozoi e i brachiopodi del Giurassico: mentre dello stesso periodo la Zuffardi-Comerci illustra i corallari e gli idroidi, nonchè i coralli oligocenici e miocenici e recentemente quelli giuresi dell'Ogaden. E ancora lo Stefanini illustra i molluschi della serie di Lugh. La serie delle memorie continua anche adesso, poichè il materiale raccolto è di una grande ricchezza e di somma importanza per la conoscenza della regione sino ad oggi quasi completamente ignota.

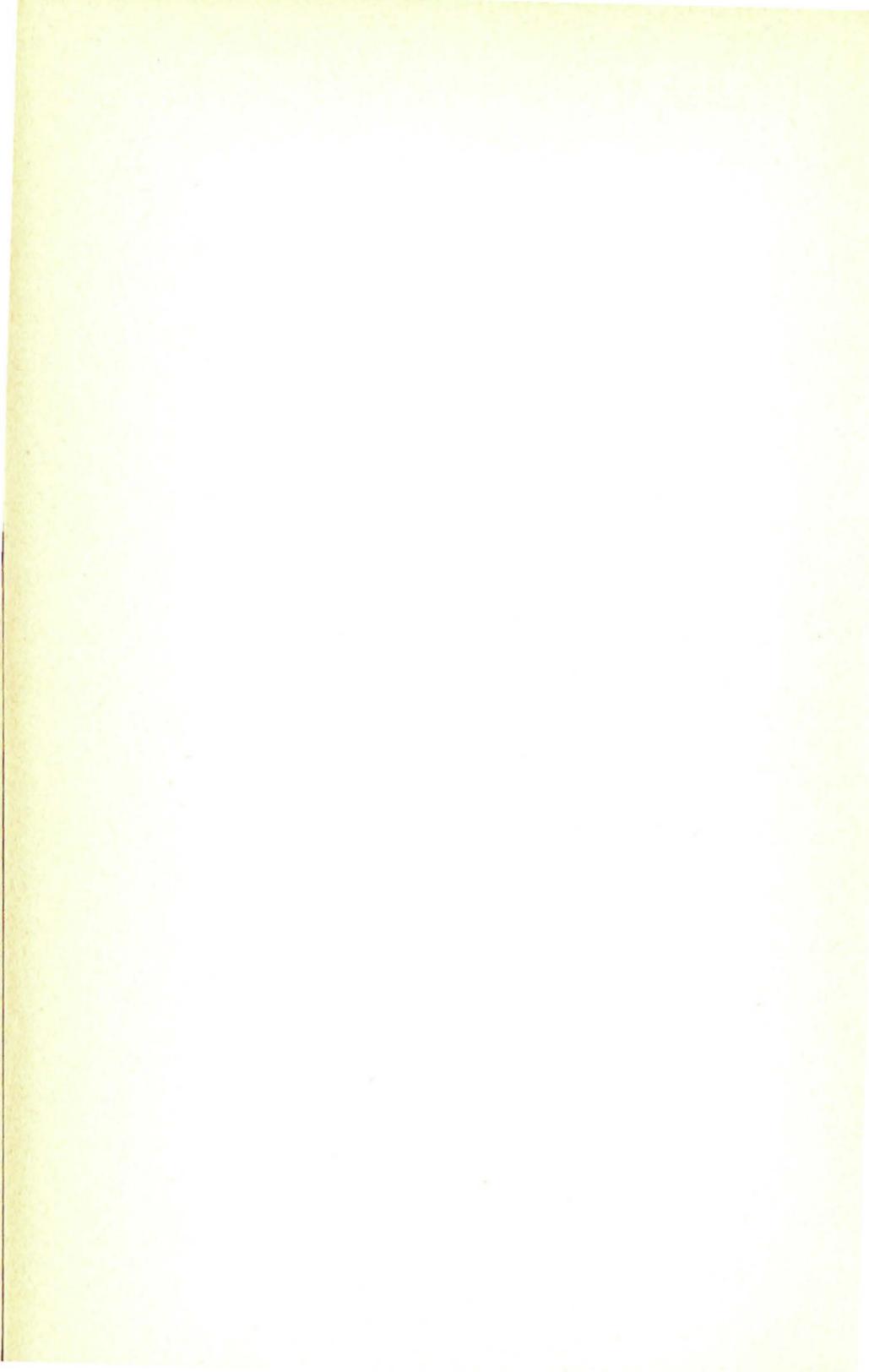
Aggiungiamo a complemento delle attività dei paleontologi italiani anche notizie di talune pubblicazioni in lingua non italiana dovuta a richiesta di accademie e di organizzazioni estere.

Già al principio del secolo il Vinassa aveva collaborato alla illustrazione di fossili triassici (spugne, tabulati e idrozoi) dei giacimenti del Bakony pubblicati nella grande collezione: « Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees » diretta dal Loczy. Poi vennero da lui illustrati corallari, idroidi e spugne del Trias di Timor nella pubblicazione diretta dal Wanner.

Il Rovereto, che è stato per qualche tempo in Argentina, ha pubblicato in lingua spagnuola dei bellissimi lavori sui fossili di quella regione. Così egli ha illustrato i delfinidi del Miocene del Parona.

E finalmente lo Stefanini ha una bella e ragionata monografia sui fossili dell'Arabia meridionale e la Somalia britannica pubblicata nelle memorie della Geological Survey dell'Egitto. Allo Stefanini si deve pure una breve ma interessante memoria sulle relazioni tra gli echinidi terziari americani ed europei pubblicata nel Bollettino della Società geologica del Nord - America.

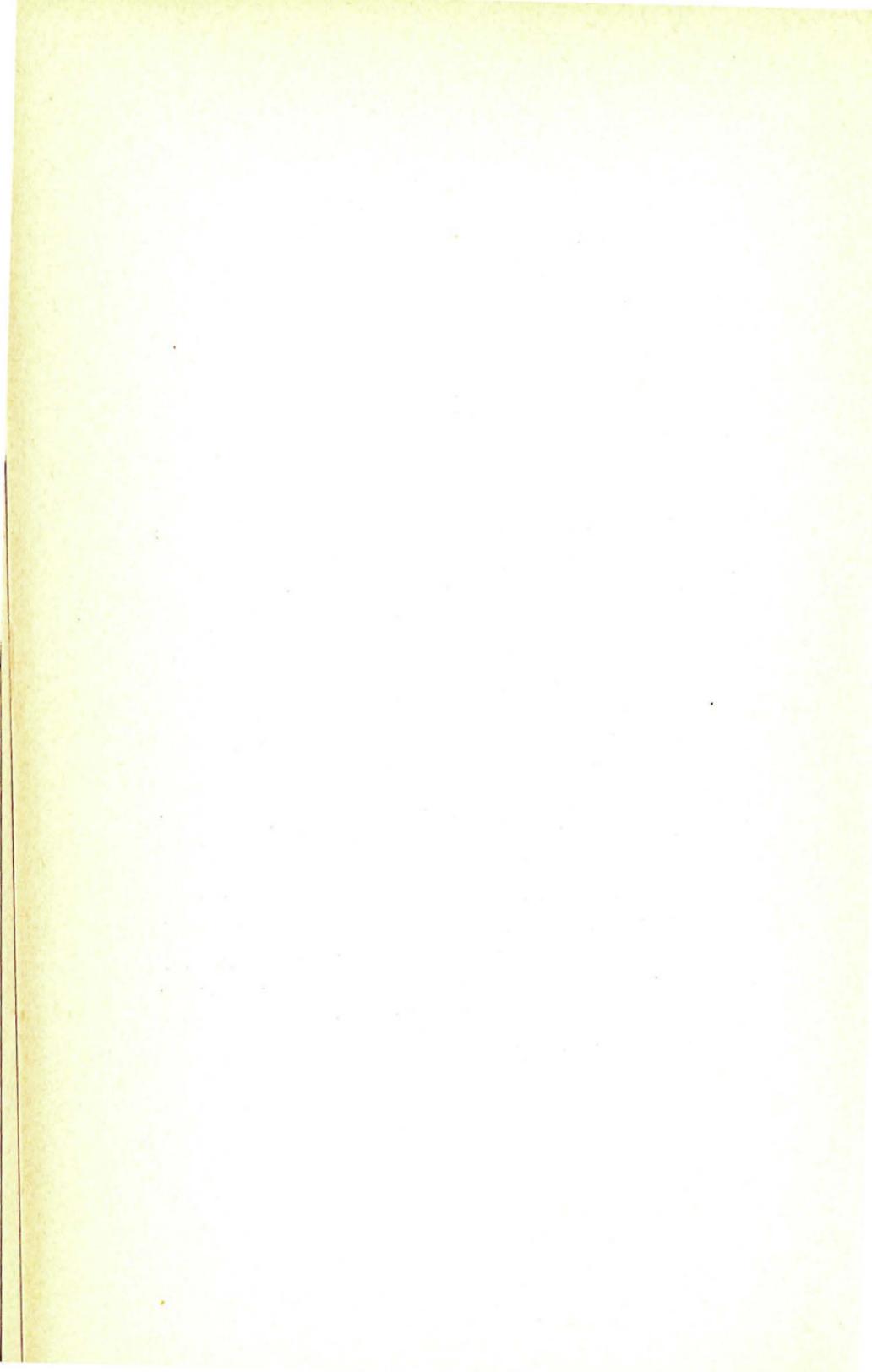
MINERALOGIA
[CRISTALLOGRAFIA PETROGRAFIA]
(a cura di PIERO ALOISI)



PREMESSA

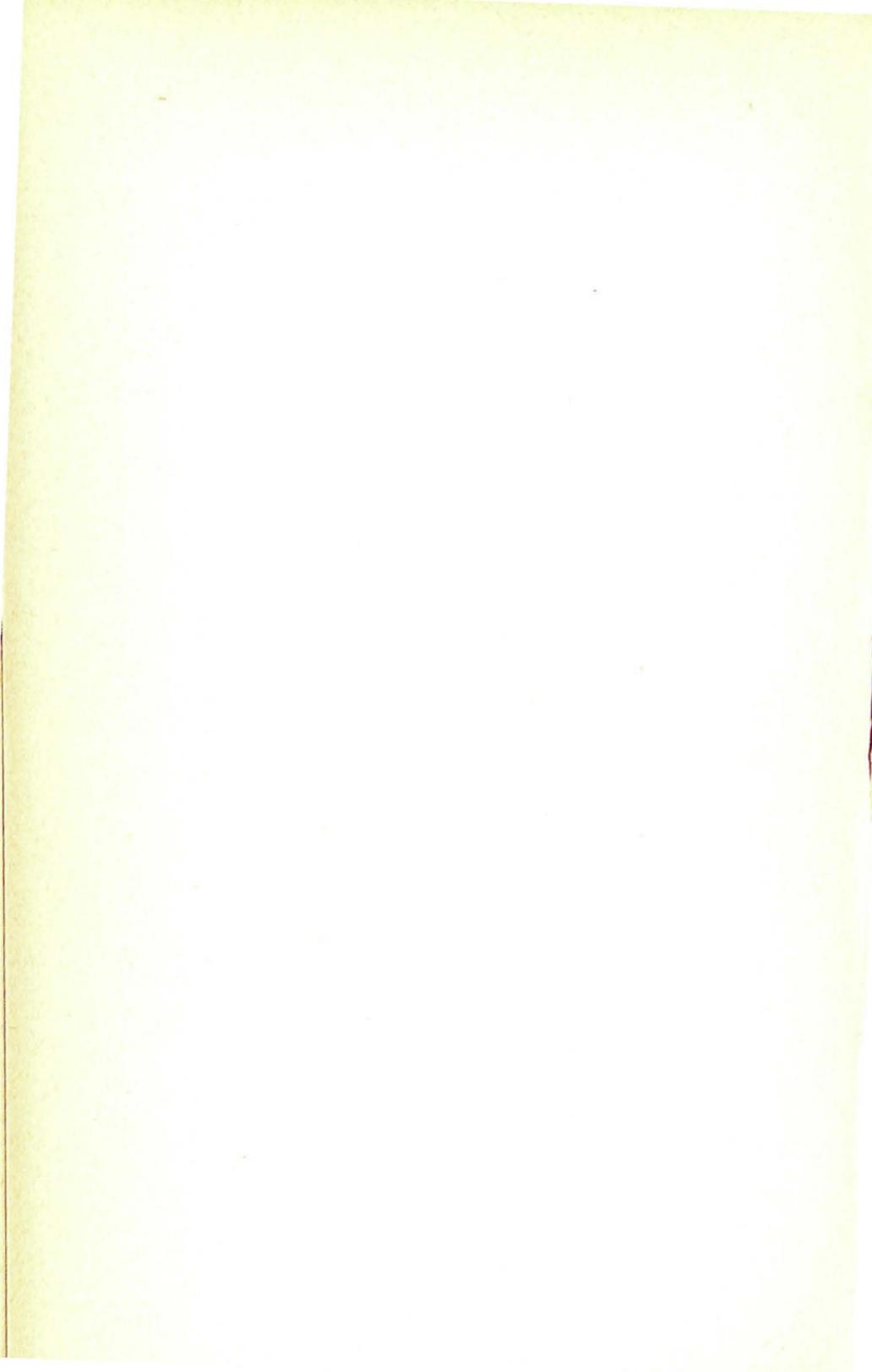
Uno scrittore colto e arguto, Filippo Crispolti, ha osservato, molto giustamente, che « se un secolo ci sta davanti non come un mero computo di tempo, ma come una distinta serie d'avvenimenti che più o meno in esso siasi adagiata, non si può sperare di cominciarne la narrazione precisamente dal suo anno primo, perchè d'ogni secolo in confronto di quello da cui fu preceduto, deve dirsi ciò che il Manzoni dice del diritto e del torto: « Non si dividono mai con un taglio così netto che ciascuno abbia solo dell'uno o dell'altro ».

Così questo studio della mineralogia nel secolo XX deve, per forza, incominciare con un cenno sulla mineralogia nel secolo precedente; e siccome proprio allora essa si è sviluppata, da un insieme di conoscenze empiriche, slegate e, per lo più, erronee, prendendo forma e corpo di vera scienza, il cenno è diventato un qualche cosa che, senza voler essere la storia della mineralogia nei tempi moderni, tien conto però delle tappe principali, segnanti il cammino del suo progredire.



I.

SVILUPPO DELLA MINERALOGIA
COME SCIENZA ESATTA NEL SECOLO XIX



a) CRISTALLOGRAFIA MORFOLOGICA

La mineralogia, come vera scienza, si sviluppa fra la fine del secolo XVIII ed il principio di quello XIX; prima di allora, anche a prescindere dalle credenze favolose, e spesso ridicole che sulle proprietà dei minerali si avevano nell'antichità e nel medioevo, solo in un campo delle scienze mineralogiche si può notare, nel secolo XVI, un qualche progresso rispetto ai tempi precedenti, in quello minerario. Le opere di due autori contemporanei, uno italiano, il senese Vannoccio Biringuccio (1480-1539 ?) ed uno tedesco, Georg Bauer (1490-1555), detto latinamente Agricola, testimoniano del grado di relativa perfezione, raggiunto in quel tempo, della conoscenza di molti minerali utili, dei loro giacimenti, del modo di trattarli.

Per gli altri rami della mineralogia, mancavano i fondamenti stessi sui quali soltanto è stato possibile di costruire il grandioso edificio della scienza moderna, mancavano cioè conoscenze sicure sulla composizione chimica dei minerali, e sulla morfologia dei cristalli.

Di queste lacune risentono naturalmente le stesse descrizioni dei minerali, ed ancor più i molti « sistemi », cioè i piani di classificazione. Fra questi, uno dei più antichi si trova nell'opera « *Dell'istoria naturale libri XXVIII* », dell'italiano Ferrante Imperato, pubblicata a

Napoli nel 1599, che fu poi ristampata a Venezia nel 1672, e, tradotta in latino, a Catania nel 1695.

Non molto migliore di questa dell'Imperato è la classificazione proposta, più di un secolo dopo, dal grande Linneo il quale, analogamente con quanto aveva fatto per gli esseri organizzati, divide i minerali in classi, ordini, generi e specie, prendendo, in parte, come criterio tassonomico, la loro natura chimica; però, in conseguenza delle più che incomplete nozioni chimiche di quei tempi, egli riunisce, talora in una stessa specie, le cose più diverse.

Ma non soltanto, la mancanza di nozioni esatte sulla composizione chimica dei minerali, generava confusione, bensì anche, come ho già accennato, l'assoluta misconoscenza dell'importanza della forma cristallina dei minerali.

Già il Biringuccio, e dopo di lui lo Stenone, avevano intraveduto la legge della costanza dei diedri; spetta però indubbiamente al bolognese Domenico Guglielmini il vanto di averla stabilita con esattezza ed in modo esplicito, per lo meno per un certo numero di sali, e forse implicitamente per tutti i tipi cristallizzati. Giacchè bisogna ricordare che, al tempo del Guglielmini, si riteneva che i sali si trovassero presenti in tutti i misti; ed il Linneo, a questo proposito, afferma, nel modo più assoluto, che i sali determinano la forma cristallina delle sostanze lapidee, cosa che veramente fa meravigliare; queste idee del Linneo son sostenute dallo stesso Romé de l'Isle, mentre son avversate, credo per la prima volta, dal Bergman, (1774).

Ma la scoperta del Guglielmini, per circa un secolo rimane infeconda: il fatto che i cristalli di una stessa specie hanno angoli costanti non fu sufficientemente apprezzato, e non spinse, come doveva logicamente avvenire, e come infatti avvenne a suo tempo, a ritenere la particolare forma cristallina come una caratteristica fondamentale di ogni sostanza cristallizzata.

Il passo decisivo la morfologia lo ha fatto negli ultimi decenni del secolo XVIII e nei primi del XIX, per

opera, principalmente, di due mineralogisti francesi, il Romé de l'Isle e l'Haüy, ed in grazia anche dei grandi progressi fatti in quel tempo dalla chimica analitica.

Non si deve credere, peraltro, che le idee ed il metodo linneiani perdessero subito la loro influenza; nelle opere stesse del Romé de l'Isle e dell'Haüy se ne vede ancora notevole la traccia, ed il Breithaupt nel suo trattato, dà, ai singoli minerali, nomi generici e specifici latini, usando così la denominazione binomia introdotta dal Linneo nella biologia. La mineralogia era ancora considerata come una delle tre scienze naturali descrittive, insieme con la botanica e la zoologia; non aveva peranco conquistate le caratteristiche di una scienza naturale esatta.

Come ho detto prima, è merito principalmente dei due scienziati francesi, Jean Baptista Louis Romé de l'Isle (in origine Delisle) e René Just Haüy, aver avviato lo studio dei minerali sulla feconda via dalla quale non doveva poi più discostarsi; conviene perciò trattenerci alquanto sull'opera loro.

Il Romé de l'Isle (nato nel 1736 a Gray, nella Franca Contea, morto a Parigi nel 1790) fu allievo del Le Sage; pubblicò, primo suo lavoro mineralogico, il catalogo descrittivo di una ricca collezione privata di minerali e mise insieme, egli stesso, una sua raccolta, della quale pure compilò un catalogo descrittivo. Questo tipo di attività, giacchè egli fece cataloghi anche di altre raccolte di minerali, se pure valse a rendergli familiare l'osservazione e lo studio dei cristalli, ed a farlo conoscere come esperto mineralogista, dette argomento ai suoi avversari per farne fallire l'ammissione, nel 1780, all'Accademia delle Scienze, col pretesto che egli aveva pubblicato soltanto dei cataloghi.

Come catalogo era stato evidentemente considerato anche il suo « *Essai de Cristallographie, ou Description des figures géométriques, propres à différens Corps du Règne Minéral connus vulgairement sous le nom de*

Cristaux », pubblicato nel 1772, nel quale sono descritti un gran numero di cristalli, sia naturali, sia di sostanze artificiali.

In questo lavoro, pure molto notevole, non è espressa la legge della costanza dei diedri, e le numerose misure si riferiscono ad angoli piani. Importante è la descrizione dei geminati di gesso da lui detti « sélénite cunéiforme »; egli riconosce che « cette figure assez singulière paroît produite par deux moitiés retournées en sens contraire d'une sélénite rhombéidale ». E' questa, probabilmente, la prima volta che è riconosciuta giustamente la posizione reciproca dei due individui in unione emitopica.

Un passo molto maggiore è fatto dal Romé de l'Isle nella seconda edizione, in quattro volumi, dell'« *Essai* », pubblicata nel 1783, con il titolo « *Cristallographie ou Description des formes propres à tous les corps du règne minéral* ». Giustamente, osserva il v. Kobell, il progresso di ogni scienza naturale è spesso legato con la creazione dei mezzi di studio appropriati: un solo apparecchio, un solo strumento può aver fatto fare, alla scienza, maggior cammino di molte speculazioni filosofiche. Un allievo del Romé de l'Isle, il Carangeot, allo scopo di costruire dei modelli di cristalli, aveva immaginato e fatto fabbricare dal meccanico Vinçart, un apparecchietto per la misura degli angoli diedri, quello stesso usato, talvolta anche oggi, e detto appunto goniometro del Carangeot, o di applicazione; di questo goniometro si è servito il Romé de l'Isle per le sue misure, che, di solito, con l'approssimazione di 1° - 2° propria dello strumento, corrispondono a quelle che oggi si possono eseguire con mezzi molto più perfezionati.

Il Romé de l'Isle distingue, nei cristalli, delle forme primitive e delle forme derivate, le prime delle quali avrebbero la forma della « molecola integrante », la quale, a sua volta, sembra formata dalle « molecole costituenti », queste ultime di figura sconosciuta. Così, ad esempio, nel

salgemma, le molecole integranti sarebbero cubiche, ma le costituenti, di acido ed alcali, non avrebbero forme cubiche, e le prenderebbero solo nel combinarsi.

Stabilisce sei tipi di forme primitive, il tetraedro, il cubo, l'ottaedro, il parallelepipedo romboidale, l'ottaedro romboidale ed il dodecaedro a facce triangolari; naturalmente, da specie a specie, variano gli angoli fra le facce della forma primitiva, e questa può essere variamente modificata per troncature sui vertici e sugli spigoli, ma « au milieu des variations sans nombre dont la forme primitive d'un sel ou d'une cristal quelconque est susceptible, il est une chose qui ne varie point, et qui reste constamment la même dans chaque espèce; c'est l'angle d'incidence ou l'inclination respective des faces entre elles ».

La legge della costanza degli angoli diedri, costanza che il Biringuccio aveva osservata occasionalmente per la pirite, lo Stenone, con annotazione fuggevole, per il quarzo, e che il Guglielmini aveva espressa con altrettanta esattezza del Romé de l'Isle, per i sali e forse, implicitamente, per tutti i corpi cristallizzati, è qui dunque enunciata ed estesa, in modo esplicito e generale.

Fra i numerosi altri principi stabiliti nell'opera del Romé de l'Isle, particolare importanza ha quello che riguarda i cristalli con angoli rientranti: la presenza di tali angoli è possibile solo per gruppi formati da due o più individui, ed anche dalle due metà di uno stesso cristallo rotate l'una rispetto all'altra; sono descritti pure molti geminati, fra i quali quelli di feldispato, ma si deve osservare che questi ultimi, provenienti da Baveno, erano già stati studiati dal barnabita P. Ermenegildo Pini, fino dal 1779.

Notevole anche è la successione temporale che egli stabilisce fra cristalli inclusi e masse includenti, e l'osservazione che cristalli cresciuti in cavità o spaccature di rocce, possono esser di molto posteriori delle rocce stesse; con-

dizioni queste, però, alle quali era giunto, quasi un secolo e mezzo prima, anche lo Stenone.

E' da osservare, finalmente, che il Romé de l' Isle ricorda i nomi dello Stenone e del Guglielmini, ma non per quello che le loro opere hanno di veramente fondamentale.

I lavori del Romé de l' Isle, se non subito in Francia, ebbero notevolissima eco nel mondo scientifico, e contribuirono potentemente al progresso della cristallografia morfologica; la legge della costanza dei diedri, in molti trattati, anche moderni, e con palese ingiustizia verso i predecessori, in modo particolare verso il Guglielmini, è detta legge del Romé de l' Isle.

L'abate Haüy (nato a S. Just, nell'Oise, nel 1743, morto a Parigi nel 1822) si dedicò interamente agli studi mineralogici dopo aver seguito le lezioni del Dolomieu.

Invece di partire, come aveva fatto il Romé de l' Isle, dallo studio delle forme esterne dei cristalli, l'Haüy volle prendere come fondamento delle sue deduzioni la struttura intima dei cristalli stessi, e cercare il legame fra questa struttura e le varie facce che essi possono presentare.

Lo spunto, per così dire, a proceder in questo modo, gli fu fornito, come egli narra, dal fatto occasionale della rottura di un cristallo di calcite, avvenuta secondo una faccia di sfaldatura; sfaldando ancora il cristallo, che era formato dalla combinazione del prisma esagono con la base, egli riuscì ad estrarre un nucleo romboedrico, egli si pose così naturalmente il problema di riunire le relazioni fra il nucleo e la forma esterna del cristallo. Questo problema lo risolvette con la nota teoria della forma primitiva e dei decrescimenti regolari.

Anche senza voler mettere in dubbio il fatto della rottura del cristallo di calcite, conviene ricordare che già nel 1773 (e la prima memoria dell' Haüy è della fine del 1780) lo svedese Torbern Bergman (1735-1784) aveva pubblicato

un lavoro sulle forme cristalline della calcite, ed anche della tormalina e del granato, nel quale le idee successivamente sviluppate dall' Haüy sono già chiaramente espresse.

L' Haüy non doveva essere eccessivamente rispettoso della priorità scientifica: il lavoro del Bergman egli lo cita in modo da non far apparire gli stretti rapporti fra la sua teoria e quella dello scienziato svedese; l'opera del Guglielmini, nella quale pure era certamente una delle sue idee fondamentali, quella della costituzione dei cristalli per giustapposizione di piccolissimi individui tutti della stessa forma, non la ricorda neppure; il nome del Romé de l' Isle non appare, nei primi lavori dell' Haüy altro che quando egli crede di poter prendere in fallo il collega, e, forse, suo maestro.

La prima memoria dell' Haüy, come ho già detto, è della fine del 1780, e fu pubblicata nel 1782 con il titolo: « *Extrait d'un Mémoire sur la structure des cristaux de Granat* ». Ad essa, negli anni successivi, ne seguirono numerose altre, fra le quali ha particolare importanza quella intitolata: « *Essai d'une théorie sur la structure des cristaux appliquée à plusieurs genres de substances cristallisées* » pubblicata nel 1784.

Una rielaborazione, o meglio, una generalizzazione della teoria a tutte le sostanze cristalline allora conosciute, si trova poi nell'opera in quattro volumi, con un atlante di 86 tavole, « *Traité de Minéralogie* » stampata nel 1804, la cui parziale seconda edizione, in due volumi, il « *Traité de Cristallographie* » uscì nel 1822.

L'opera scientifica dell' Haüy, sviluppatasi in oltre un quarantennio di studi e di ricerche, nonostante gli errori tutt'altro che scarsi in essa contenuti, ha importanza veramente straordinaria per il successivo sviluppo della mineralogia.

Lasciando per il momento da parte l'ipotesi sulla struttura, nucleo ed origine di poderosi sviluppi sui quali tornerò a suo tempo, tratteniamoci un momento sui prin-

cipali risultati ottenuti dal grande cristallografo francese.

Primo merito, indiscutibilmente suo, è quello di aver applicato il calcolo allo studio dei cristalli, e vedremo presto come questo metodo sia stato fecondo di risultati.

Conseguenza diretta della teoria dei decrescimenti è poi la seconda legge fondamentale della cristallografia, quella conosciuta come legge di razionalità e, giustamente, detta anche legge dell'Haüy, la quale, sebbene oggi espressa in modo diverso, costituisce insieme con quella della costanza dei diedri, la base sulla quale poggia tutto il grandioso edificio della cristallografia moderna.

In un lavoro del 1815 (*Sur une loi de la cristallisation appelée loi de symétrie*) l'Haüy ha enunciato una lunga legge che se, in seguito, si è dovuta profondamente modificare, ha tuttavia grande importanza; essa stabiliva che allorquando si aveva modificazione di una forma cristallina, per la sua associazione con altra forma, tutte le parti equivalenti, spigoli, vertici, facce, venivano modificate nello stesso modo.

Altro grande merito del fecondo cristallografo è stato quello di avere introdotto un modo di simboleggiare razionale delle facce dei cristalli che, se pure presto abbandonato, ha dato origini ai metodi ancor oggi usati.

Inoltre, per primo ha usato, nella rappresentazione grafica dei cristalli, i metodi esatti della geometria descrittiva, allora introdotti dal Monge, senza peraltro rammentar questo autore, anzi esponendo i metodi come se fossero stati trovati da lui stesso.

Non è possibile indicar qui tutti gli altri importanti principii stabiliti dall'Haüy; ricorderò solo come egli abbia riconosciuta l'importanza di alcune proprietà fisiche dei cristalli, argomento, questo, sul quale tornerò a suo tempo.

In conclusione si può affermare che all'inizio del secolo XIX i principii fondamentali della cristallografia mor-

fologica erano stati saldamente stabiliti: rimaneva ancora un lungo cammino da percorrere, ma gli ostacoli principali erano stati rimossi. Lo studio dei cristalli non appariva più uno sterile rompicapo.

Mentre la scuola cristallografica francese ha continuato a mantenere per fondamento la ipotesi sostenuta dall'Haüy, od altra da essa derivata, cosa della quale rimane traccia tutt'oggi sul metodo di simboleggiatura (secondo il Lévy), usato dai mineralogisti francesi, nonostante i grandi vantaggi che, di fronte ad esso, ha il metodo del Miller, universalmente adoperato, la scuola tedesca, pur partendo essa pure, in origine, da una ipotesi strutturale, si è sviluppata poi per una via puramente geometrica, ciò che ha permesso grandissimi progressi.

Nel primo volume della traduzione tedesca del « *Traité de Minéralogie* » dell'Haüy curata da Karslen e Weiss (1804-1810), appariva un'aggiunta del Weiss, con il titolo « *Dynamische Ansicht der Krystallisation* » nella quale era combattuta l'ipotesi strutturale dell'Haüy, e che conteneva il fondamento di un altro notevolissimo progresso cristallografico, cioè il principio della vettorialità delle sostanze cristallizzate.

E' qui chiaramente riconosciuto ed espresso che le proprietà dei cristalli in direzioni secondarie debbono poter esser dedotte, secondo leggi determinate, da quelle dei cristalli stessi nelle direzioni principali, ciò che ha condotto il Weiss ad introdurre la nozione degli assi nella cristallografia, e ad esprimere in forma più corretta la legge fondamentale della razionalità, scoperta dall'Haüy.

In una aggiunta alla traduzione del secondo volume del « *Traité de Mineralogie* », il Weiss, a proposito dei cristalli di feldispato, enuncia, per la prima volta, la relazione conosciuta come legge delle zone.

In una serie di lavori successivi, egli sviluppa i suoi concetti, e mostra che quel che occorre conoscere per lo

studio dei cristalli è il rapporto fra le grandezze fondamentali nelle direzioni principali.

Nel 1815 espose all'Accademia delle Scienze di Berlino un suo lavoro (pubblicato nel 1818), nel quale si trova un primo tentativo di sistematica delle forme cristalline: distingue i cristalli regolari da quelli non regolari, e questi ultimi li suddivide in diversi sistemi, riferendo peraltro anche quelli monoclini e triclinali ad assi rettangolari. Riconosce che esistono forme oloedriche « vollflächig » ed emiedriche « halbeflächig » e, per la prima volta, mostra correttamente come le une si possano derivare dalle altre.

In un lavoro dell'anno successivo, un nuovo fecondo passo è fatto dal Weiss, con l'indicare le facce dei cristalli per mezzo dei rapporti parametrici; la nuova simboleggiatura, con fondamento puramente geometrico e senza riferimento a teorie strutturali, oltre a molti altri pregi, aveva quello grandissimo di facilitare in modo notevole il riconoscimento dei rapporti zionali; da essa sono derivate la massima parte dei metodi di simboleggiatura escogitati successivamente.

Si deve ricordare infine che il Weiss, nei lavori posteriori, ha espresso tutte le diverse proprietà delle zone (concetto di asse di zona, faccia appartenente a due zone, condizione di appartenenza di una faccia ad una zona).

Le quali proprietà furono di nuovo studiate e sviluppate in alcuni lavori giovanili da un allievo del Weiss, il grande fisico e matematico Carl Neumann; che anche ha mostrato la convenienza di sostituire, nelle operazioni cristallografiche, alle facce le rette a loro normali, ed al quale pure è dovuta la prima applicazione delle proiezioni sferiche allo studio dei cristalli, che tanto fruttuoso impiego doveva aver in seguito.

Fin qui tutti i cristalli, anche quelli monoclini e triclinali, erano stati riferiti a dei sistemi di assi ortogonali; il Mohs aveva riconosciuto per primo, nel 1822, la necessità

di usare assi inclinati per i cristalli dei due ultimi sistemi, scegliendo peraltro a tale scopo, direzioni non cristallografiche.

Questo errore fu evitato dal Neumann, nell'opera «*Grundriss der Krystallographie*» (1826) ed in quella «*Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie*» (1830). Il Neumann distingue sette sistemi di cristallizzazione, uno dei quali però, da lui detto diclinometrico, o clinoromboidico, con assi facienti due angoli obliqui ed uno retto, si dimostrò in seguito impossibile. Al Neumann è dovuta anche una modificazione della simboleggiatura del Weiss, che ebbe grande fortuna nei paesi di lingua tedesca, dove, in parte, è usata anche attualmente.

Nel 1839 è apparsa l'opera «*A treatise on crystallography*» dell'inglese W. H. Miller, molto importante per lo sviluppo della cristallografia. In essa è fatto uso dei simboli che sono oggi universalmente adoperati, e noti come simboli milleriani, nei quali si adottano come indici i valori reciproci dei rapporti parametrali. Si deve osservare, a questo proposito, che tali indici (e indicati con questo nome) erano stati già introdotti dal Whewell nel 1826, e, prima ancora, dal Neumann; in ogni modo, però, è indubbio che il merito della diffusione nella cristallografia moderna è dovuto al Miller. Il quale ha fatto pure grande uso della proiezione stereografica, anch'essa, peraltro, già introdotta nella cristallografia dal Neumann.

Esaurientemente è svolta la questione dei rapporti fra quattro facce tautozonali, detta anche legge della razionalità dei doppi rapporti e, in alcuni trattati, teorema del Miller.

Non si può certo affermare che ai cristallografi dei primi decenni del secolo XIX fosse interamente sfuggita la disposizione simmetrica degli elementi dei cristalli, ma il concetto della simmetria era limitato, allora, a quello di un piano di simmetria.

Le prime estese ricerche in questo campo, a prescin-

dere da un tentativo fatto nel 1829 dal Grassmann, sono quelle di J. F. C. Hessel, mineralogista a Marburg, pubblicate nel 1830, all'articolo «*Krystall*» del *Phisikal. Wörterbuch* del Gehler, e ristampate subito l'anno dopo.

Ho detto queste le prime ricerche, ma si può aggiungere che, per quel che si riferisce alla simmetria macroscopica dei cristalli, esse esauriscono l'argomento.

E' introdotto qui, per la prima volta, il concetto di asse di simmetria, come è inteso in cristallografia, ed è dimostrato che nei cristalli son possibili solo assi di ordine 2, 3, 4, 6; sono studiate le associazioni dei diversi elementi di simmetria fra di loro, e dimostrato che nei cristalli si possono trovare solamente 32 tipi di simmetria.

Questo lavoro il quale, se avesse avuto la notorietà che meritava per la fondamentale importanza dei risultati cui giungeva, avrebbe molto agevolato i progressi successivi della mineralogia, rimase invece sconosciuto ai più, forse anche per l'astrusità e complessità della forma, e fu messo in luce soltanto oltre un sessantennio dopo il suo apparire, nel 1891, dal Sohncke.

L'esistenza delle 32 classi di simmetria fu, per così dire, riscoperta, dato che non avesse avuto notizia del lavoro dell'Hessel, nel 1849 A. Bravais. Il Bravais, peraltro in un primo tempo, riconobbe solo 31 classi; la classe mancante, una di quelle del sistema dimetrico, fu da lui trovata due anni dopo.

In modo molto semplice, per mezzo della proiezione stereografica, agli stessi risultati dell'Hessel e del Bravais giunse pure, nel 1867, il russo A. Gadolin.

Anche gli studi del Bravais e del Gadolin, peraltro, non ebbero influenza immediata sullo sviluppo della sistematica dei cristalli, e la conoscenza delle leggi che regolano la loro simmetria fu raggiunta a poco per volta, in seguito allo studio delle relazioni fra le proprietà morfologiche e quelle fisiche e, soprattutto, in conseguenza

delle ricerche teoriche sulla struttura delle sostanze cristalline.

In ogni modo, nella seconda metà del secolo scorso, la cristallografia geometrica, o morfologia, è già una scienza, diciamo così, assestata. Non solo sono stabiliti i principi fondamentali, ma anche il coordinamento fra le singole parti, e l'armonico sviluppo loro, l'affinamento dei mezzi di ricerca, son giunti ad un notevole grado di perfezione. Gli studi successivi, in questo campo, o hanno indirizzo analitico, e son rivolti alla illustrazione di singole specie, o son diretti a sviluppare argomenti particolari: in uno sguardo rapido e sintetico come il presente, su di essi si può sorvolare.

b) CRISTALLOGRAFIA FISICA

Al danese E. Berthelsen, detto Erasmus Bartholinus, è dovuta la scoperta della rifrazione doppia nello spato d'Irlanda, scoperta pubblicata nello stesso anno, 1669, nel quale il suo compatriotta Nils Stensen, Stenone, stampava a Firenze il libro « *De solido intra solidum naturaliter contento, dissertationis prodromus* » in cui è stabilita la costanza dei diedri per i cristalli di quarzo.

Il Bartholinus dette una descrizione accurata del fenomeno, mise in chiaro che la nuova immagine non era originata da riflessioni, ma da una particolare rifrazione, e che mentre la prima derivava da rifrazione ordinaria, la seconda invece era dovuta ad una rifrazione straordinaria.

Uno studio più approfondito della doppia rifrazione nello spato fu pubblicato poco dopo (1690), da Cristiano Huygens, che stabilì le leggi della propagazione della luce in tal minerale, e la forma ellisoidica della superficie d'onda straordinaria, in confronto con quella sferica dell'ordinaria; egli riconobbe la doppia rifrazione anche per il quarzo.

Le proprietà unilaterali della luce che ha attraversato uno spato furono vedute dal Newton, analizzando tale luce per mezzo di un secondo spato, e nel 1772 lo scolio G. B. Beccaria dimostrò che nel quarzo non si ha doppia rifrazione secondo l'asse del prisma; ma anche in questo campo, come in quello morfologico, uno studio approfondito dei fenomeni che si verificano nel passaggio della luce attraverso i cristalli, si inizia solo col secolo XIX.

L'Haüy, nel suo trattato, tenta di riconoscere quali minerali sono monorifrangenti e quali birifrangenti, ma il metodo di studio seguito era troppo poco sensibile per poter dare risultati soddisfacenti nel caso di potenze birifrattive basse.

Fondamentale, per la conoscenza dell'ottica dei cristalli, è la scoperta della polarizzazione della luce, dovuta al Malus (1810); uno studio sistematico di gran numero di sostanze cristallizzate fu fatto dal fisico scozzese Davide Brewster, il quale nel 1812 aveva riconosciuto (indipendentemente dall'Arago, che osservava la medesima cosa un anno avanti) che i colori di interferenza, dati da lamine sottili di minerali birifrangenti, permettono di stabilire con certezza la presenza della rifrazione doppia, anche nel caso di potenze birifrattive molto piccole.

Nel secondo e terzo decennio del secolo, gli studi di ottica cristallografica, e le scoperte relative, si susseguono ininterrottamente. Furono così distinti i minerali uniassici da quelli biassici; il Biot stabilì nel 1812 la biassicità della mica; il Brewster nel 1813 quella del topazio e di alcune sostanze artificiali; nel 1815 il Biot riconobbe una birifrangenza repulsiva (negativa) ed una attrattiva (positiva).

Il primo tentativo per trovare una corrispondenza fra le proprietà ottiche e quelle morfologiche dei cristalli fu fatto dal Brewster nel 1818, nel lavoro « *On the law of polarization and double refraction in regulary crystallized bodies* »; siccome egli prese per fondamento morfologico

le forme primitive stabilite dall'Haüy, forme spesso male scelte, od addirittura errate, i risultati ai quali giunse non furono sempre quelli che le sue accurate osservazioni ottiche avrebbero permesso; in ogni modo potè stabilire che i cristalli monometrici, in condizioni normali, sono monorifrangenti, e quelli trigonali, esagonali e tetragonali birifrangenti uniassici. In una memoria dell'anno successivo, lo stesso Brewster comunicò la sua scoperta delle leggi dell'assorbimento della luce nei cristalli colorati, interpretando i fenomeni osservati, rettamente per i cristalli uniassici, mentre una spiegazione di quelli, molto più complessi, dei cristalli biassici non fu potuta dare allora.

Nel 1820 l'Herschel descrisse la dispersione degli assi ottici nei cristalli biassici, e stabilì che la forma delle curve di eguale ritardo è la lemniscata.

Di importanza fondamentale per la teoria della rifrazione doppia sono le ricerche del fisico francese A. J. Fresnel, il quale, partendo dal fatto che le proprietà ottiche dei cristalli uniassici si possono dedurre da una ellissoide di rotazione, suppose che quelle dei biassici fossero deducibili da un'ellissoide a tre assi, da lui detto ellissoide o superficie di elasticità.

Benchè l'ipotesi sulla natura elastica delle vibrazioni luminose sia stata in seguito abbandonata, si vide che le deduzioni del Fresnel potevano essere mantenute, facendo astrazione dalla vera natura della luce, ed ancor oggi esse sono il fondamento di tutta l'ottica dei cristalli.

La coincidenza degli assi principali dell'ellissoide ottica con gli assi cristallografici, per i cristalli del sistema trimetrico, fu riconosciuta dal Neumann che, nel 1832, aveva dato forma strettamente sistematica alla teoria del Fresnel, ma, in accordo con le idee del Weiss, che gli assi cristallografici fossero da scegliere tra di loro perpendicolari anche nei sistemi clinoedrici, egli ritenne probabile che la stessa coincidenza si verificasse pure in questi casi.

Le osservazioni dell'Herschel e del Nörrenberg sulla

distribuzione dei colori nelle figure d'interferenza di cristalli monoclini, e le variazioni delle posizioni degli assi ottici del gesso al variare della temperatura, convinsero però ben presto (1835) il Neumann, che nei cristalli monoclini esiste un solo piano di simmetria ottica (comune per tutti i colori), coincidente con quello di simmetria cristallografica; e poco dopo egli riconobbe l'assimmetria ottica dei cristalli triclinali.

Il Miller poi, nel suo trattato, mise in luce l'importanza pratica dello studio delle proprietà ottiche, per la determinazione del sistema di cristallizzazione dei minerali.

Una proprietà molto interessante fu scoperta nel 1811 da Arago, sui cristalli di quarzo, la polarizzazione rotatoria, che fu poi studiata dal Biot; fu trovato poi dal Descloizeaux nel 1857, che la polarizzazione rotatoria era presente, fra i minerali, anche nel cinabro ed in questo caso pure, ma molto dopo, nel 1873, fu dimostrato da A. D'Achiardi, che il minerale apparteneva ad una classe enantiomorfa, confermando così quanto già nel 1848 aveva stabilito il Pasteur, che cioè la polarizzazione rotatoria è presente solo in cristalli enantiomorfi.

Lo studio delle altre proprietà fisiche dei cristalli è, in generale, un po' posteriore a quello delle proprietà ottiche. Dapprima si ebbero alcune ricerche, in particolare del Mitscherlich, su quelle termiche, e sul variare di quelle ottiche con il cambiar della temperatura.

Anche lo studio, sebbene parziale, della elettrizzazione dei cristalli è assai antico, e già l'Haüy, in un suo trattatello sulle pietre preziose, tradotto in italiano nel 1819 da L. Censigliachi, utilizza queste proprietà per il riconoscimento delle gemme.

Ma le ricerche sistematiche nei vari campi, e lo studio delle correlazioni delle proprietà fisiche con quelle più propriamente cristallografiche si sono sviluppati princi-

palmente nella seconda metà del secolo passato, quando la morfologia e l'ottica dei cristalli, per lo meno nelle loro linee generali, erano già saldamente stabilite.

Sulla conducibilità termica, e sull'analogia di questi fenomeni con quelli ottici, sono fondamentali gli studi eseguiti fra il 1847 ed il 1850 da H. de Sénarmont, proseguiti poi principalmente da E. Jannettaz.

Ad A. Fizeau (1865 e seg.) sono dovute le misure di grande esattezza, resa necessaria del resto dalla piccolezza delle variazioni, sulla dilatazione termica dei cristalli dei vari sistemi cristallini, e la conseguente dimostrazione che, analogamente con quanto avviene per le proprietà ottiche, le variazioni stesse si potevan dedurre, nel caso generale, da una ellissoide a tre assi.

Prima di lui però, già il Mitscherlich aveva stabilito che i cristalli monometrici si dilatano uniformemente, quelli esagonali in modo diverso nella direzione dell'asse principale e normalmente ad esso, quelli rombici secondo tre assi perpendicolari fra di loro. Ed il Neumann si era occupato (1833) della dilatazione termica del gesso.

La piroelettricità polare era nota all'Haüy; Riess e Rose, nel 1843, introdussero il concetto degli assi elettrici, e le denominazioni di polo analogo e di polo antilogo, in uso ancor oggi; la correlazione fra le direzioni degli assi di polarità elettrica e quelle di assi di polarità morfologica fu stabilita però assai più tardi, dopo le ricerche fatte su molti cristalli da G. Hankel, e dopo gli studi del Röntgen (1882). E' da ricordare infine che la piezoelettricità fu scoperta da G. e P. Curie nel 1880.

Già l'Huygens aveva cercato una spiegazione della sfaldatura della calcite, e l'Haüy poi dette a questa proprietà un'importanza fondamentale per la sua teoria sulla struttura dei cristalli; le ipotesi successive sulla struttura hanno dato luogo, in seguito, a delle interpretazioni più o meno soddisfacenti del fenomeno. Il quale, peraltro, si presta assai poco a deduzioni di tipo quantitativo.

Anche la differente durezza dei cristalli dei singoli minerali ha attirato assai presto l'attenzione degli studiosi, tanto più che essa costituiva un buon carattere diagnostico.

L'Haüy, appunto a scopo diagnostico, distingue la durezza dei minerali in tre gradi, riunendo nel primo quelli che scalfiscono il quarzo, nel secondo quelli che scalfiscono il vetro, nel terzo quelli che scalfiscono la calcite. Il Mohs, nel 1820, stabiliva la sua scala delle durezze, che nonostante i gravi difetti e nonostante che altre ne siano state proposte, è ancor oggi la più usata.

La prima osservazione sulla differenza di durezza presentata da uno stesso minerale è forse quella dell'Huygens, il quale notò che nella direzione della diagonale corta delle facce dei romboedri della calcite, la resistenza alla scalfitura è diversa a seconda del verso; l'Haüy riconobbe poi le differenze presentate, sulle diverse facce, dalla cianite.

Ricerche più precise furono fatte nel 1829 dal Frankenheim, il quale riuscì a stabilire differenza di durezza nelle varie direzioni di una medesima faccia, ed a collegarle con la simmetria, ma uno studio più compiuto di questa proprietà fu possibile solo dopo la costruzione, fatta da Seebeck e da Grailich, e Pekárek (1854), di uno strumento apposito, lo sclerometro, mediante il quale l'Exner (1873) costruì le curve di durezza per le facce principali di un grande numero di sostanze cristallizzate.

Si deve ricordare, però, che la durezza è una proprietà che sfugge ad una definizione precisa o, per dir meglio, che può essere definita e considerata in maniere fondamentalmente diverse; i risultati di esperienze condotte partendo appunto dai vari modi di considerarla non sono perciò affatto confrontabili fra di loro.

Molto complesso poi è lo studio delle proprietà elastiche dei minerali, che fu affrontato dal fisico-matematico

W. Voigt; egli potè dimostrare che anche queste proprietà sono in connessione con la simmetria dei cristalli, ma lo studio rimase in parte teorico, anche forse per il fatto che il numero di costanti da determinare, per la conoscenza della relativa superficie vettoriale, cresce rapidamente col diminuire delle simmetrie dei cristalli, e da tre, per il sistema monometrico, giunge a 21 per quello triclino.

Nei vari campi della fisica cristallografica, dopo le ricerche alle quali è stato accennato brevemente, altre numerose ne sono state compiute nella seconda metà del secolo decorso, ma, come per la morfologia, esse hanno avuto più che altro indirizzo analitico, o si son occupate di chiarire ed approfondire punti particolari. Così, per dare un solo esempio, si potrebbero ricordare quelle interessantissime, dovute al Brauns e ad altri, in Germania, ed al Mallard in Francia, sui cristalli con contegno ottico anomalo.

Risultato fondamentale di tutti gli studi di fisica dei cristalli, nel secolo scorso, è un principio generale che, da alcuni, è stato anche detto « legge fondamentale della fisica cristallografica », e che può essere enunciato dicendo che le direzioni cristallograficamente equivalenti, lo sono anche fisicamente.

c) CRISTALLOGRAFIA CHIMICA

Non essendo scopo di questo scritto il fare una storia della chimica inorganica, tralascierò di occuparmi degli inizi e dei progressi delle conoscenze sulla composizione dei minerali che coincidono appunto, con gli inizi e con lo sviluppo della chimica inorganica.

Ricorderò solo che la diffusione, nella mineralogia, dei metodi di analisi speditiva, fondati sull'uso del cannelo ferruminatorio, è dovuta principalmente al grande chimico svedese A. F. v. Cronsted, il quale ha dato anche

una rassegna sistematica delle reazioni caratteristiche di molti elementi, sui saggi al cannello, per i quali usava, come fondenti, borace, soda, sal di fosforo.

Indicazioni sui saggi da fare per il riconoscimento dei minerali, più che altro a scopo pratico, son dati anche nell'opera « *Introductio ad usum fossilium* » (1769) dal trentino Giov. Ant. Scopoli.

E fra le prime analisi quantitative di minerali, son da ricordare quelle di alcune gemme eseguite dal Bergman e pubblicate nel 1777.

Ma, ripeto, la storia dello sviluppo della conoscenza e dei metodi analitici non rientra fra gli scopi del presente scritto, ed io mi limiterò, pertanto, alla storia dello studio delle relazioni fra le proprietà chimiche dei minerali, e le loro proprietà fisiche, in senso lato.

Questo ramo della mineralogia, che ha preso il nome di « cristallografia chimica » deriva interamente dalle scoperte fondamentali del Mitscherlich, da cui quindi dovremo prender le mosse per la nostra breve esposizione, e sulle quali converrà trattarsi alquanto.

L'analogia, od uguaglianza di forma di alcuni minerali di composizione analoga, come i carbonati di ferro, calcio, manganese, zinco, era stata osservata dall'Haüy stesso, e da vari altri, ma spiegata in modi artificiali ed arbitrari; vero precursore del Mitscherlich, per quanto riguarda l'isomorfismo, si può considerare invece il Fuchs, che, analizzando la gehlenite (1815) osservò una sostituzione scambievole di ferro e calcio, e ritenne possibile l'esistenza di varietà di tal minerale, nelle quali tutto l'ossido di ferro fosse sostituito da ossido di calcio. Non solo, ma prevede anche che, per evitare un inutile spezzettamento di specie mineralogiche, i risultati di quelle analisi di minerali avrebbero dovuto esser interpretati in tale modo, citando, come istruttivo, l'esempio degli allumi di potassio e di ammonio.

Indubbiamente però, benchè non si possa negare che

in tali concetti del Fuchs si trovi un inizio della teoria dell'isomorfismo, il merito di aver per primo studiato ed interpretato a fondo i fenomeni spetta al Mitscherlich.

I primi suoi studi in proposito, fatti a Berlino negli anni 1818 e 1819, e pubblicati nel 1820, si riferiscono principalmente ai fosfati ed arseniati alcalini, ma ben presto si vide trattarsi di fenomeni molto frequenti.

Allo stesso autore è dovuto pure lo studio del polimorfismo: era noto il caso del carbonato di calcio, cristallizzato ora nel sistema romboedrico come calcite, ora in quello trimetrico come aragonite; questo fenomeno e così, in apparenza almeno, quello dell'isomorfismo, era in contraddizione con uno dei fondamenti della teoria dell'Haüy, cioè che ogni sostanza chimica avesse solo forma cristallina derivabile da una caratteristica forma primitiva, e della contraddizione si cercarono spiegazioni varie, più o meno artificiose. Il Mitscherlich, partendo dallo studio del fosfato e dell'arseniato acidi idrati del sodio, espresse invece il parere che un medesimo corpo potesse cristallizzare in forme diverse, parere che fu poi da lui stesso confermato quando, nel 1823, poté dimostrare che lo zolfo, a seconda delle condizioni, cristallizzava in forme interamente diverse.

Le idee del Mitscherlich, se dettero origine ad un grandissimo numero di ricerche di cristallografia chimica, non furono per altro dapprima accettate universalmente, e senza discussioni.

In realtà si trattava, e, possiamo dire, anche oggi, si tratta di fenomeni molto complessi con anomalie che, a quei tempi, e, fino a pochi anni addietro, apparivano inspiegabili: gli enigmi dell'isomorfismo, chiamava ancora nel 1860 il v. Kdull taluni di questi problemi.

In ogni modo, come ho detto, le due scoperte del Mitscherlich dettero origine ad una enorme quantità di studi continuati per tutto il secolo ed oltre, i quali se non sempre portarono una chiarificazione dei problemi, anzi

e spesso non fecero altro che complicarli, accumularono una quantità di dati, sempre più accurati ed esatti, per la conoscenza cristallografica dei minerali, non solo, ma anche di un grandissimo numero di sostanze artificiali.

Approfittando di questi materiali, in parte anche ottenuti dai lui stesso e da suoi allievi, il Groth, negli ultimi decenni del secolo, studiò il fenomeno della morfotropia, cioè della variazione regolare della forma, col variare regolare della composizione chimica; questo indirizzo di studi non diede i risultati che se ne potevano sperare e, in ogni modo, tali ricerche hanno più interesse chimico-cristallografico che non mineralogico, essendo molto rari i casi di morfotropia fra i minerali.

Un campo, invece, nel quale fu raccolta ampia messe di risultati importantissimi, fu quello dello studio fisico-chimico dell'isomorfismo e del polimorfismo.

Di particolare interesse sono, a questo proposito, le ricerche sulle condizioni fisiche che determinano la formazione di una od altra modificazione eteromorfa di una data sostanza polimorfa e la distinzione, dovuta all'Ostwald, di sostanze enantiotrope e monotrope: queste ricerche hanno portato la luce anche in molti problemi di minero-genesi.

E così pure notevolissimi, sia dal lato teorico, sia per le svariate applicazioni, sono gli studi sulle condizioni di formazione dei cristalli di miscela, e quelli sulle variazioni delle proprietà fisiche nei cristalli stessi.

Un problema che naturalmente si imponeva all'attenzione ed allo studio dei cristallografi, era quello delle relazioni fra costituzione chimica e forma cristallina, problema del quale, in fondo, polimorfismo, isomorfismo, morfotropia, non sono che elementi o, se si vuole, capitoli; esso ha dato origine a studi numerosi ma, fino a tempi recentissimi, una sua soluzione è stata impossibile, ed anche oggi, nonostante i grandi progressi portati dalla cono-

scenza della struttura dei cristalli, si può considerare bene avviato, ma non ancora interamente risolto.

d) STRUTTURA DEI CRISTALLI.

La prima ipotesi sulla struttura cristallina che, in certo modo, si avvicini a quelle moderne o, per dir meglio, che le contenga in germe sembra esser quella emessa nel 1688 dal Guglielmini, il quale riteneva i cristalli dei sali formati da minime parti poliedriche, della stessa forma dei cristalli macroscopici, giustapposti parallelamente. Contemporanea, o quasi, è poi l'ipotesi dell' Huygens, che suppone la calcite costituita da minutissime ellissoidi di rotazione schiacciate, con l'asse di rotazione parallelo a quello ternario del romboedro. Che la calcite fosse formata da particelle romboidali, fu affermato, infine, nel 1767 dal Westfeld.

Queste ipotesi, peraltro non spiegano le relazioni fra la forma delle particelle e quelle, da essa diverse, che spessissimo si trovano nei cristalli; il merito di essersi posto per primo questo problema, e di averlo risolto in alcuni casi particolari, in modo plausibile, spetta senza dubbio, come ho già ricordato, al Bergman; è certo però che l'Haüy, riprendendo, direttamente o no, le idee del Bergman, le ha svolte e rese generali, applicandole a tutti i minerali allora noti.

Partendo dal solido di sfaldatura, o da un solido ipotetico nei casi di sfaldatura inesistente, l'Haüy immagina i cristalli formati da particelle identiche, di dimensioni estremamente piccole, a forma di parallelepipedo che chiama molecole integranti, giustapposte parallelamente fra loro. Nel caso che la forma primitiva non sia parallelepida, egli considera un piccolo numero di molecole riunite a formare un parallelepipedo, indipendentemente dai vuoti interni che in tal modo si possono formare; vuoti che già avevano richiamato l'attenzione del Guglielmini,

il quale aveva cercato anche di dimostrarne la effettiva esistenza.

In ogni modo, quindi, le molecole integranti sono dei parallelepipedi.

Durante l'accrescimento del cristallo, può avvenire che, a partir da un certo momento, la deposizione dei successivi straterelli laminari di molecole integranti avvenga in modo che si abbia un decrescimento regolare, secondo i lati o secondo i vertici del solido primitivo, e questo, naturalmente, per numeri interi di molecole; allora il cristallo non mantiene la sua forma, e si originano nuove facce, in posizioni determinate e dipendenti dal modo di decrescimento.

La ipotesi dell' Haüy era da poco nata, che già, come s'è visto, il Weiss la sottoponeva a critica; ma più di quella del Weiss sarebbe stata distruttiva, e costruttiva ad un tempo, se essa non fosse rimasta inosservata, la critica alla quale nel 1824, cioè appena due anni dopo il comparire della seconda edizione del trattato dell' Haüy, l'ipotesi fu sottoposta dal Seeber.

Il Seeber nota che i fenomeni di elasticità, presentati dai corpi solidi, dimostrano che le particelle non possono trovarsi a diretto contatto; esse sono a distanza tra di loro, in corrispondenza con l'equilibrio fra le forze attrattive e quelle repulsive; il rapporto fra queste forze è modificato dalle variazioni di temperatura, come è dimostrato dai fenomeni di dilatazione termica.

Per ovviare al fatto della continuità, derivata dalla ipotesi dell' Haüy, ed anche alla necessità di ammettere, per i cristalli con sfaldatura secondo più di tre direzioni, una differenza fra la forma di sfaldatura e quella del parallelepipedo, il Seeber propone di modificare l'ipotesi nel senso di supporre la materia concentrata, per così dire, in forma di particelle sferiche, nei centri dei parallelepipedi dell' Haüy. Così, fin da allora, era creato il principio delle moderne teorie reticolari.

Una fase successiva, su questa via, si ebbe verso la metà del secolo, per opera di M. L. Frankenheim (1835, 1842, 1856) e di A. Bravais (1850); i quali cercarono quali tipi di reticolati fossero compatibili con la simmetria dei cristalli.

Il Bravais giunse al risultato che erano possibili quattordici tipi di reticoli, sette semplici, sette doppi o quadrupli, i quali avevano la simmetria oloedrica dei sette sistemi cristallografici.

Le ricerche del Bravais furono proseguite ed approfondite dalla scuola francese, in particolare dal Mallard, e fu così mostrato, per esempio, che le facce dei cristalli che presentano maggiore importanza, sia per la loro funzione, sia perchè parallele alla sfaldatura, e così via, sono quelle con maggiore densità reticolare, cioè quelle che contengono relativamente maggior numero di particelle nell'unità di superficie.

Nel 1867 il Sohncke, osservando che le particelle situate ai nodi dei reticolati, potevano anche non esser parallele tra di loro, come era richiesto dalla teoria del Bravais, studiò i modi che permettevano di portarle in posizione di ricoprimento. Egli mostrò così che si potevano costruire 65 tipi diversi di reticolati; mentre i quattordici tipi del Bravais avevano tutti simmetria oloedrica, fra quelli del Sohncke se ne hanno anche con simmetria meroedrica, e può esser così data giustificazione della massima parte delle 32 classi di simmetria stabilite dall'Hessel. Non di tutte, peraltro, e perciò neppure la teoria del Sohncke poteva esser considerata come una teoria generale della struttura dei cristalli.

Teoria generale che fu data, fra il 1885 ed il 1891, indipendentemente l'uno dall'altro, dal matematico tedesco A. Schoenflies e dal mineralogista russo E. v. Fedorow; aggiungendo altre operazioni di ricoprimento a quelle già introdotte dal Sohncke, si vide che potevano esistere 230 tipi di strutture, o gruppi spaziali, come fu-

rono detti dallo Schoenflies, che si ripartivano in 32 classi, con la simmetria di quelle dell' Hessel.

Già nel 1880 il Sohncke aveva espresso l'idea che le particelle materiali, situate ai nodi dei reticolati, potessero esser addirittura gli atomi, ma solo assai più tardi, nel 1904, il Groth, nella sua *Einleitung in die Chemische Kristallographie* doveva riprendere e sviluppare questo concetto. Si veniva ad avere, così, tanto dal lato geometrico, quanto da quello fisico, una teoria completa della struttura dei cristalli, ma solo, molti anni dopo e per una via difficilmente prevedibile, la prova sperimentale doveva riuscire a dimostrare corrispondenti al vero le geniali speculazioni dei cristallografi.

e) MINERALOGISTI ITALIANI DEL SECOLO XIX

Da molti è stato osservato che l'Italia, terra di nascita del Biringuccio e del Guglielmi, patria adottiva dello Stenone, precursori della cristallografia moderna, ben poca parte, per non dire nessuna, ha preso al fiorire della mineralogia sulla fine del secolo diciottesimo e sul principio di quello seguente, nel periodo proprio, nel quale essa, da scienza empirica si trasformava in scienza esatta. E l'assenza degli Italiani dal campo degli studi mineralogici si è prolungata per tutta la prima metà del secolo, e per buona parte della seconda, all'infuori di poche, lodevolissime, eccezioni.

Non è mio compito ricercare le ragioni di questo fenomeno, che del resto non è limitato alla mineralogia; si può pensare che esse siano di natura varia e complessa: ma certo non ultima, è data dalle infelicissime condizioni politiche della nostra patria durante quel lungo periodo.

Due soli nomi, e grandissimi nomi, sarebbero da ricordare per questo tempo, quelli di Arcangelo Scacchi e di Quintino Sella, ma conviene aggiungere poche parole su di un loro predecessore, Nicola Covelli.

Il Covelli, nato a Caiazzo nel 1790 e morto a Napoli nel 1829, si perfezionò a Parigi nello studio delle scienze naturali, e tornato a Napoli si occupò specialmente della mineralogia del Vesuvio e del Somma. Pubblicò varie memorie di notevolissimo interesse e fu il primo, in Italia, ad usare il goniometro a riflessione.

A lui ed al Monticelli è dovuta un'opera di grande valore, il *Prodromo della mineralogia vesuviana* (1825); non si può sapere con sicurezza quanto, in questo lavoro, spetti all'uno ed all'altro autore, ma tutto fa ritenere che la parte principale sia del Covelli.

La brevità della sua vita, e le avversità cui egli dovette soggiacere, non gli permisero di lasciare una grande messe di lavori; quelli pubblicati, ed alcuni inediti, fanno però altamente apprezzare la vasta cultura e l'acutezza di osservazione di questo mineralogista italiano.

Nato a Gravina, nelle Puglie, l'8 febbraio del 1810 e morto a Napoli l'11 ottobre del 1893, lo Scacchi dedicò interamente la sua lunga vita alla scienza, in particolare alla mineralogia; il suo primo lavoro è del 1832, gli ultimi del 1890, di pochi anni anteriori alla sua fine.

Laureato in medicina (1827), ma datosi subito dopo allo studio delle scienze naturali, dapprima della malacologia, e poi della mineralogia, si può considerare, specie per questa scienza, un autodidatta; dovette far tutto da se, vincendo e superando difficoltà grandissime.

Le sue ricerche sono di importanza fondamentale in campi diversi della mineralogia, e così nella cristallografia, nella chimica mineralogica, nella descrizione di numerosissimi minerali.

A lui si deve lo studio profondo ed accuratissimo di quel particolare fenomeno che egli indicò col nome di poliedria; alle sue conclusioni ben poco di veramente nuovo è stato aggiunto in seguito.

Un altro complesso fenomeno, che per la prima volta è stato studiato dal mineralogista napoletano, è quello

della polisimetria; alle sue idee molti anni dopo, e forse senza saperlo, si riallacciava il Mallard.

Un ingente numero di cristalli, naturali ed artificiali, questi ultimi spesso preparati da lui medesimo, sono stati misurati dallo Scacchi, in occasione delle sue ricerche di cristallografia chimica; egli ha illustrato notevoli casi nuovi di polimorfismo ed ha saputo, per primo, dimostrare come molte sostanze apparentemente polimorfe siano invece solo polisimmetriche.

Grandissimo merito si è acquistato anche nella mineralogia descrittiva, specie nello studio dei minerali del Vesuvio, e della regione campana in generale; tali ricerche gli hanno dato modo di stabilire l'esistenza di ben ventisei nuove specie.

Non va taciuto finalmente, che egli ha lasciato un'orma profonda anche in un altro campo delle scienze geologiche, in quello cioè della vulcanologia.

L'opera grandiosa dello Scacchi, in un primo tempo, è stata apprezzata più all'estero che non in Italia, dove pochi erano in grado di comprendere i suoi lavori.

A differenza di quello dello scienziato napoletano, che si è prolungato per un cinquantennio, brevissimo è stato il periodo di attività esclusivamente scientifica dell'altro grande mineralogista italiano, Quintino Sella: cinque anni, o poco più, dal 1855 al 1861; dopo, la sua attività è stata assorbita interamente, o quasi, dalla cura dello Stato. Ma in quel breve intervallo di tempo, egli ha portato un contributo di grandissima importanza alla mineralogia.

I lavori di cristallografia pura del Sella sono caratterizzati da una eleganza, da una semplicità e, soprattutto, da una chiarezza che, se non fosse per evitare un bisticcio, si potrebbe chiamare cristallina.

Ha enunciato, in modo originale e nuovo, la legge di connessione fra le varie forme cristalline di una stessa sostanza, ricorrendo ad una ellissoide con diametri co-

niugati paralleli a tre spigoli del cristallo, limitati, nella loro lunghezza, da una quarta faccia del cristallo medesimo.

In un altro lavoro il Sella ha mostrato quale semplicità acquistino le principali formule cristallografiche, e la dimostrazione loro, facendo uso del calcolo dei determinanti. Questo procedimento adoperato, sull'esempio del Sella, continuamente in Italia, è stato anche di recente, applicato all'estero senza, naturalmente, ricordare la priorità del mineralogista italiano.

Suo merito grandissimo, poi, è da ritenere quello di aver insegnato che la cristallografia, sempre col più grande rigore scientifico, può essere esposta servendosi solo della geometria elementare. Questo metodo, sviluppato con la consueta chiarezza nelle sue « *Lezioni di cristallografia fatte nel 1861-62 nella R. Scuola di applicazione degli ingegneri* », opera comparsa in tre successive edizioni, ha contribuito grandemente alla diffusione, in Italia, di una scienza fino ad allora ritenuta complicata ed astrusa, e che veramente era tale, in conseguenza dei metodi usati per svilupparla.

Molto importanti sono anche le ricerche di cristallografia chimica del Sella: in particolare è da porre in luce che già nel 1860 egli prevedeva come, per risolvere il problema del nesso fra costituzione chimica e forma cristallina, sarebbe stato opportuno lo studio dei composti organici, i quali passano, per lievi differenze, dall'uno all'altro; in tal modo era enunciata, per la prima volta, l'idea di un indirizzo di ricerche, quelle di morfotropia, che solo in seguito doveva esser sviluppato dal Groth e dalla sua scuola.

Di notevole interesse, per la cristallografia chimica, sono anche gli studi del Sella sul boro adamantino e grafitoide, e quelli su alcuni sali derivati dall'ammoniaca. L'ultimo lavoro, in questo campo, ha messo in luce l'isomorfismo del tungstato di didimio con quelli di calcio e

di piombo, isomorfismo che, fino a non molti anni fa, è rimasto inesplicato.

Anche di mineralogia descrittiva si è occupato il Sella, ma di due dei suoi lavori più importanti in questo campo, quelli sull'argento rosso e sull'anglesite sarda, egli ha pubblicato solamente dei riassunti; molto notevole è la memoria « *Studi di mineralogia sarda fatti nel 1855* », dove sono descritte nuove leggi di geminazione della calcite, del quarzo e della pirite, e che è accompagnata da magnifici disegni.

Quintino Sella nacque a Mosso, presso Biella, il 7 luglio 1827, e morì a Biella il 14 marzo 1884; conseguì, a Torino, il diploma di ingegnere e, come allievo del R. Corpo delle Miniere, frequentò, a Parigi, i corsi dell'Ècole des Mines; ivi fu discepolo del Dufrénoy e particolarmente del de Sénarmont. Professore di geometria applicata nell'Istituto tecnico di Torino, dopo la trasformazione di questo in Scuola di applicazione per gli Ingegneri, vi occupò per breve tempo la cattedra di mineralogia.

Nè lo Scacchi, il quale nel periodo suo più fecondo dovette lottare con la scarsità dei mezzi e con ostilità personali, che rimase, si può dire, isolato, nè il Sella, per la brevità del tempo durante il quale occupò la cattedra di mineralogia, poterono circondarsi di allievi, e formare una scuola; nonostante questo il Sella può, a buon diritto, esser ritenuto capo e fondatore della mineralogia italiana.

Le sue memorie, infatti, ed il suo corso di cristallografia, ebbero grande influenza sulla preparazione intellettuale di quanti, in Italia, si dettero allo studio della mineralogia, ed un suo allievo, anzi, si può dire, il solo suo allievo diretto, Giovanni Struever, fondò a Roma una scuola dalla quale provennero numerosi mineralogisti.

Nato in Germania, nel 1842, e laureato a Göttingen, dove fu allievo del Sartorius v. Waltershausen, lo Struever venne in Italia, nel 1863, invitato dal Sella, per assumere l'ufficio di assistente alla cattedra di mineralogia a Torino;

dal 1873, e fino alla morte, avvenuta nel 1915, occupò la cattedra di mineralogia all'università di Roma.

Aveva lavorato, in Germania, su argomenti di paleontologia, e veniva perciò in Italia con una buona preparazione, ma non ancora indirizzato particolarmente agli studi mineralogici; questo indirizzo egli lo ebbe dal Sella, del quale quindi, come ho detto, si può considerare allievo diretto e continuatore.

La produzione scientifica dello Struever, in considerazione del lungo tempo durante il quale è continuata la sua attività, non si può dire molto abbondante; in compenso però, essa si distingue per l'importanza degli argomenti, per il metodo con cui essi sono trattati, per i risultati raggiunti.

I suoi lavori hanno principalmente per soggetto lo studio cristallografico di minerali italiani ed anche di alcuni composti organici; essi sono accompagnati da bei disegni eseguiti con una maestria raramente raggiunta da altri; alcune delle sue figure sono forse le più belle che mai siano state eseguite, e giustamente osserva il Millosevich che esse, insieme a quelle del Sella rappresentano « più che un'opera di disegno geometrico, quasi un'opera d'arte, tanto è il godimento che la loro vista procura all'intenditore ».

Notevoli anche sono i lavori litologici dello Struever; si può anzi affermare che, insieme col Cossa, egli è stato uno dei primi a coltivare, in Italia, tal genere di studi.

Come ho ricordato prima, lo Struever ha fondato in Roma una scuola mineralogica, dalla quale, per un certo periodo di tempo, è uscita la maggior parte dei professori di mineralogia che hanno occupato le cattedre universitarie italiane: alcuni di questi, e basti far i nomi dello Zambonini e del Millosevich, hanno degnamente seguito l'esempio del maestro, ed onorato la scienza italiana.

Altro grande merito dello Struever è stato quello di raccogliere ed ordinare una mirabile collezione di mine-

rali che, curata ed accresciuta dal suo successore, può stare a pari con molte fra le migliori dell'estero.

Come lo Scacchi, un autodidatta può essere considerato, per quanto riguarda la mineralogia, anche Antonio D'Achiardi: il suo maestro, Giuseppe Meneghini, grande geologo, non era certo un mineralogista.

Nato a Pisa, il 28 Novembre 1839, il D'Achiardi ivi si laureò in scienze naturali, e fu dapprima aiuto alla cattedra di chimica generale; ma per un disgraziato incidente, che gli costò la perdita dell'occhio sinistro, ben presto abbandonò quell'ufficio, e, pur rimanendo per tutta la vita appassionato agli studi di chimica, si dedicò interamente a quelli di geologia e di mineralogia. Aiuto del Meneghini, vinse, nel 1874 il concorso per la cattedra di geologia a Pavia, e nello stesso tempo si prospettava, per lui, la possibilità di ottenere quella di mineralogia a Roma; rinunziato alle due ottime sistemazioni, il D'Achiardi fu nominato, anche per interessamento del Sella, il 10 settembre 1874, professore straordinario di mineralogia a Pisa. Promosso ordinario nel 1876, occupò la cattedra fino alla morte, avvenuta il 10 dicembre del 1902.

La produzione di Antonio D'Achiardi nel campo mineralogico (giacchè, anche senza considerare qui alcuni suoi lavori letterari, egli si occupò, in gioventù, di paleontologia, e poi, a varie riprese, di geologia) si riferisce prevalentemente allo studio cristallografico di minerali toscani, ed a ricerche litologiche; ma data la sua vasta e profonda cultura naturalistica, la descrizione cristallografica non è mai fine a se stessa, e di ogni minerale sono studiate ed interpretate le condizioni di giacitura e spesso indagata la genesi.

Opera di lunga lena è la sua « *Mineralogia della Toscana* », nella quale sono accuratamente ed ordinatamente descritti i diversi e numerosissimi minerali della regione toscana, opera monografica, dunque, purtroppo rimasta

per lunghissimo tempo unica nel suo genere, contrariamente al desiderio manifestato dall'autore nella prefazione, che cioè altri, per altre regioni, facesse quanto egli aveva fatto per la Toscana.

Dell'accuratezza e dell'abilità con la quale il D'Achiardi, pur disponendo allora solo di un primitivo goniometro Wollaston, eseguiva le sue misure cristallografiche, posso portare una testimonianza personale. Esiste, nell'Istituto mineralogico pisano, la collezione studiata dal D'Achiardi, ed ogni esemplare è accompagnato da un cartellino con l'indicazione delle forme presenti; quando preparavo lo studio dei quarzi di Carrara, pensando che lo strumento tanto più perfetto, da me usato, potesse permettere maggiori approssimazioni, sottoposi a nuova misura tutti i quarzi carraresi della vecchia collezione, ma non una forma trovai in essi, diversa da quelle stabilite dal D'Achiardi!

Notevoli, per accuratezza di metodi e per importanza di risultati, sono anche i suoi lavori di litologia; per primo, ad esempio ha dimostrato l'unità genetica delle diverse rocce del Verrucano, per primo ha accertato che il cosiddetto gabbro rosso, sulla cui origine tanto avevano discusso i geologi, non è altro che un diabase alterato.

Oltre che in monografie ed in memorie, l'attività del D'Achiardi si è manifestata anche con la compilazione di trattati.

In due volumi è l'opera, pubblicata nel 1883, su « I metalli, loro minerali e miniere », ricca di dati sui singoli minerali, di notizie dei loro giacimenti, di considerazioni, spesso originali, sulla loro genesi, opera poco conosciuta e non apprezzata al suo giusto e grande valore in Italia, ma lodata da specialisti stranieri della materia.

Maggior fortuna ebbe la « *Guida al corso di litologia* », del 1888, il cui contenuto va molto al di là di quanto sembra promettere il titolo modesto del libro, opera sulla quale, finchè non è stata superata dal tempo, si sono for-

mati molti dei petrografi italiani, e che ha contribuito immensamente allo sviluppo ed alla diffusione, fra noi, della litologia.

Negli ultimi anni della sua vita, il D'Achiardi ha atteso alla compilazione di una « *Guida al corso di mineralogia* » di cui però non ha potuto veder pubblicato altro che il primo volume, quello della parte generale, e che poi è stata compiuta dal figlio, il quale ne ha curata anche la seconda edizione.

Fra i tanti meriti del D'Achiardi deve esser ricordato qui quello di aver mantenuto, e fatto mantenere ai suoi allievi, un indirizzo fondamentale naturalistico anche nelle ricerche cristallografiche, e questo in un tempo nel quale non sembrava dovesse esser maturo per l'insegnamento universitario, chi non avesse dedicato l'attività sua allo studio di sostanze cristalline artificiali.

Fra i mineralogisti italiani che hanno svolto la loro attività esclusivamente, o prevalentemente, nel secolo scorso, diversi altri nomi si possono onorevolmente ricordare.

Così Luigi Bombicci, proveniente dalla scuola pisana del Meneghini, professore a Bologna dal 1860 al 1903, autore di numerose memorie di mineralogia descrittiva.

Gustavo Uzielli pure laureato a Pisa, professore a Modena, poi al Valentino a Torino, e finalmente a Parma, al quale son dovute interessanti applicazioni analitiche a problemi cristallografici, ed alcuni fra i primi studi psamografici eseguiti in Italia.

Francesco Sansoni, professore a Pavia, che, fra l'altro, ha intrapreso nel 1884 una serie di accurati studi sulle forme cristalline della calcite, serie interrotta dalla sua morte prematura, avvenuta nel 1895; egli è stato anche fondatore e scrittore di un pregiato giornale di mineralogia, cristallografia e petrografia.

Giorgio Spezia, professore a Torino; sono particolarmente interessanti le sue ricerche sperimentali sopra

l'azione del calore e della pressione nella minerogenesi, e quelle sull'origine dei giacimenti zolfiferi siciliani.

Luigi Brugnatelli, professore a Pavia, la cui produzione, riguardante soprattutto ricerche cristallografiche e ottiche su composti artificiali e su minerali naturali, e lo studio di alcune rocce, se non è molto abbondante, si distingue però per esattezza ed accuratezza; a lui si deve anche la scoperta di un nuovo minerale, rinvenuto in val Malenco, l'artinite.

Sono da ricordare, infine, Giuseppe Grattarola, Eugenio Scacchi, Carlo Riva.

f) LA LITOLOGIA IN ITALIA NEL SECOLO XIX.

Convieni, prima di tutto, intendersi sul significato delle parole petrografia e litologia; in generale questi due termini sono considerati sinonimi e, volendo intenderli tali, sarebbe bene sopprimerne uno, come superfluo; dovrebbe esser conservato, secondo me, quantunque meno usato generalmente, quello di litologia, di formazione più pura, di significato etimologicamente più largo, e, infine, analogo con quelli di geologia e di mineralogia.

Volendo mantenerli entrambi, sarebbe opportuno dar loro significato diverso, come da qualcuno, se pure non in modo esplicito è stato fatto: riservare, cioè, quello di petrografia alla parte esclusivamente descrittiva della scienza delle rocce, e dare quello di litologia alla parte di indole più nettamente geologica o, meglio ancora, in generale al complesso delle due.

Se la mineralogia può esser considerata, sotto certi aspetti, come un capitolo della geologia, e del resto la separazione loro è assai recente, a maggior ragione scienza geologica è da ritenere la litologia; però i metodi usati dalla petrografia sono in grande prevalenza prettamente mineralogici: chi vuole intraprendere studi in questo campo, deve avere, prima di tutto, una solida preparazione

di mineralogia, e questa spiega perchè, piuttosto che dai geologi, la petrografia sia stata, e sia tuttora, coltivata dai mineralogisti.

Nei vecchi libri di mineralogia, rocce e minerali non erano distinti; il primo che ha introdotto nella scienza una separazione fra «fossili semplici», i minerali in senso stretto, e rocce, è stato il Werner sulla fine del secolo XVIII e sul principio del XIX. Si capisce però che, per l'imperfezione dei metodi, alcune sostanze considerate dapprima fossili semplici erano, in realtà, rocce.

La litologia come vera scienza, è assai più giovane delle altre discipline mineralogiche: si è sviluppata, ed ampiamente, solo nella seconda metà del secolo decorso.

Lo studio macroscopico delle rocce, se sempre deve esser fatto, perchè fornisce importanti indicazioni, non può condurre, bene si capisce, ad una conoscenza compiuta, specie poi quando si tratti di rocce con piccola grana; perciò fin da principio è stata sentita la necessità dello studio microscopico.

Dapprima esso fu fatto, a luce riflessa, sulla polvere delle rocce, e questo specialmente in Francia, e soprattutto per opera del Cordier, il quale sottoponeva anche la polvere stessa a successive lavature, per separare i minerali di differente peso specifico.

L'osservazione per trasparenza con la luce polarizzata, ma limitatamente a minerali singoli, fu molto usata, in particolare dal Brewster, come già ho ricordato; l'applicazione di tali metodi allo studio delle rocce non divenne peraltro possibile, fino a che non si pensò di ridurre queste in sezioni sottili, sezioni che, per tutta la prima metà del secolo scorso, erano state fatte soltanto con minerali, o con fossili, specie con legni petrificati.

Il primo che abbia studiato le rocce in sezioni sottili è stato l'inglese H. C. Sorby, il quale ne rese conto nel 1851; nello stesso tempo, ed indipendentemente da lui, fece e studiò delle sezioni sottili di rocce, in Germania, dietro

consiglio del Rose, A. Oschatz, il quale, nel medesimo anno 1851, ed in quelli seguenti, pubblicò i risultati dei suoi studi.

Di importanza fondamentale, per lo sviluppo della petrografia, sono poi due lavori pubblicati nel 1858, uno del Websky, sulla microstruttura delle serpentine, ed uno del Sorby stesso, intitolato « *On the microscopical structure of crystals indicating the origin of minerals and rocks* ».

Trovata la nuova via, o, per meglio dire, la via per lo studio delle rocce, il progresso fu continuo; compaiono trattati di tecnica petrografica e di litologia particolarmente ampi quelli tedeschi dello Zirkel e del Rosenbusch, e pregevolissimi studi dei francesi Fouqué e Michel Levy; l'amore e l'interesse per lo studio delle rocce si diffonde in molti paesi e gran numero di mineralogisti si dedica al nuovo ramo di scienza, portando contributi sempre più numerosi e vari, sia alla conoscenza petrografica di singole regioni, sia alla soluzione di problemi geologici di vasta portata, sia infine all'affinamento dei metodi di ricerca. Si deve ricordare, a questo proposito, il fondamentale contributo dato al perfezionamento della microscopia, in generale, ed anche, in particolare, di quella mineralogica, dal grande fisico italiano G. B. Amici: sua, per esempio, è quella disposizione per osservare, al microscopio, le figure di interferenza che fa uso della lente detta comunemente del Bertrand, e che correttamente deve esser chiamata lente dell'Amici.

Nè si può tacere che la tecnica petrografica è stata di notevole sussidio anche alla mineralogia vera e propria, tanto contribuendo allo studio di minerali la cui inomogeneità non poteva esser riconosciuta in altro modo, quanto nel dare occasione ed impulso allo studio delle proprietà ottiche di singoli gruppi di minerali, proprietà la cui conoscenza esatta è indispensabile per il riconoscimento dei minerali stessi nelle sezioni sottili, dove la forma cristallina di rado può esser guida ad una diagnosi

certa. In questo campo debbono esser ricordate le ricerche di alcuni scienziati francesi, in particolare del Descloizeaux.

Si riconobbe assai presto quale grande ausilio, per la giusta interpretazione dei risultati dello studio fisico delle rocce, e per trarre da questo qualche cosa di più, e di più importante, di quel che poteva dare la semplice descrizione dei costituenti e della struttura, di quale ausilio fosse, dicevo, lo studio chimico delle rocce stesse. E così la massima parte dei lavori petrografici fu corredata di un adeguato numero di analisi chimiche.

Ma quando si debbano confrontar fra di loro le composizioni chimiche di numerose rocce, in particolare poi quando si tratti di rocce eruttive, le analisi brute si prestano ben poco; di qui la necessità di trovar dei metodi per raggruppare i valori delle singole analisi, per formare, in certo modo, delle formule che, appunto, furon dette formule magmatiche, e di rappresentare graficamente le formule stesse.

I metodi studiati, a questo fine, negli ultimi decenni del secolo scorso sono molto numerosi; ricorderò quello del Michel Levy che però, fuori di Francia, ha avuto pochissima diffusione, forse anche perchè fondato su presupposti teorici non da tutti accettati, quello dei poligoni stellati del Brögger e, soprattutto, perchè di uso più generale, quelli del Loevinson - Lessing e dell'Osann.

I primi lavori petrografici italiani, corredata di studio microscopico di rocce in sezioni sottili, sono comparsi nel 1874 negli Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino: si tratta di ricerche sulla lherzolite di Locane, dovute ad A. Cossa, e di uno studio sulla peridotite di Baldissero, dello Struever. Pochi anni dopo, nel 1881, il Cossa stesso pubblicò un volume di studi chimici e microscopici fatti fra il 1875 ed il 1880, nel quale sono riportate le descrizioni e le analisi chimiche di numerose rocce, ed

anche di qualche minerale, provenienti da diverse regioni italiane, Piemonte, Lombardia, Liguria, Toscana, Sardegna, Sicilia.

E' questo il primo importante lavoro petrografico italiano, ed il Cossa si può, a buon diritto, considerare come il fondatore, in Italia, di tal genere di studi; a lui ricorsero presto, coloro che volevano essere indirizzati nelle ricerche di microscopia minerale: così, per esempio, sotto la sua direzione il Brugnatelli studiò, nel 1884, la singolarissima roccia che fu indicata poi col nome di coppaelite, raccolta dal Verri a Cupaello, presso Rieti.

La petrografia era allora, da noi, proprio ai suoi inizi: se ne ha la prova nel fatto seguente. Il Verri aveva inviato campioni della roccia di Rieti al Cossa e ad A. D'Achiardi, il primo dei quali, come s'è visto, ne affidava lo studio al giovane Brugnatelli; ora, tanto il D'Achiardi quanto il Brugnatelli sentirono il bisogno di rivolgersi a luminari della petrografia, per assicurarsi della giustezza dei loro risultati, ed il primo ricorse allo Zirkel, il secondo al Rosenbusch. Conviene aggiungere, peraltro, a spiegazione e giustificazione della cosa, che la coppaelite è una roccia di composizione mineralogica inconsueta, e di studio particolarmente difficile.

Alla scuola piemontese del Cossa, ben presto si aggiunse quella toscana del D'Achiardi, il quale con memorie sue e di suoi allievi, e con il trattato, ha grandemente contribuito alla diffusione ed al progresso degli studi litologici in Italia.

Dapprima gli studi pubblicati furono per lo più descrizioni isolate di singole rocce, e nello stesso voluminoso ed importante lavoro del Cossa, prima ricordato, anche quando erano sottoposti alle indagini chimico-microscopiche più campioni provenienti da una medesima zona, non si trova un tentativo di coordinazione o di deduzione. Del resto assai spesso il petrografo non era anche il raccoglitore della roccia studiata; come s'è visto per la coppae-

lite, e moltissimi altri esempi si potrebbero dare. Di solito un geologo, durante i suoi rilevamenti, trovava una roccia di diagnosi macroscopica incerta od impossibile, ed allora ricorreva all'ausilio del petrografo per risolvere il dubbio.

La collaborazione, in questo senso, fra geologo e mineralogista, talora inevitabile per ragioni pratiche, dovrebbe però esser il più possibile scansata, e difatti tende a divenir sempre più rara: è di interesse fondamentale, per il progresso della litologia, che lo studio sul terreno e quello in laboratorio siano fatti dalla stessa persona; occorre quindi o che il geologo sia anche petrografo, o che il petrografo sia un litologo, nel senso esposto in principio. Al giorno d'oggi la seconda tendenza prevale, ed è logico che sia così: per lo studio chimico-microscopico delle rocce è necessaria, come già ho ricordato, una preparazione mineralogica molto accurata e solida, difficilmente posseduta dal geologo puro, e che richiede un tirocinio nè facile, nè breve, ora specialmente che i metodi di studio petrografico, perfezionandosi, si sono resi sempre più complessi.

D'altra parte il mineralogista che si dedica alla litologia è, e deve essere, per riuscire in questo ramo della scienza, animato da spirito di naturalista, ed appassionato perciò degli studi sul terreno, i quali soli possono rendergli ragione dei fatti che poi osserva durante le ricerche di laboratorio.

Tutto questo non vuol dire, naturalmente, che la petrografia sia un campo chiuso ai geologi: è vero proprio il contrario. Ed anche nel periodo di tempo che ora ci interessa, si hanno esempi, in Italia, di geologi che sono, nel medesimo tempo, valenti petrografi, che sono, cioè, litologi nel vero significato della parola. Essi si trovano, in prevalenza, fra gli ingegneri addetti al R. Ufficio Geologico, e basta ricordare i nomi del Mattiolo, allievo del Cossa, del Sabatini, che studiò petrografia a Parigi e che sempre conservò l'impronta della scuola francese an-

che, purtroppo, nella terminologia quanto mai... eteroclitica; del Franchi, del Novarese, dello Stella.

I primi lavori dei petrografi italiani furono, dunque, descrizioni di rocce singole: si hanno peraltro, anche per questo tempo, alcuni studi che escono dal semplice campo petrografico, per assumere un notevole interesse litologico: ricorderò, a questo proposito, le ricerche dello Struever sopra alcune rocce laziali, e quelle, dello stesso autore, sui graniti della bassa Valsesia, che dimostrarono la natura eruttiva di queste ultime rocce, contrariamente al parere allora sostenuto da autorevolissimi geologi. Sotto questo aspetto si può ricordare anche lo studio di A. D'Achiardi sul gabbro rosso (1882) nel quale, come s'è visto, è stato mostrato che questa roccia, ritenuta di origine sedimentaria, metamorfosata dalle eruzioni serpentinosi, era invece diabase alterato.

Ma presto i lavori acquistarono un carattere più vasto, e si riferirono ad ampie zone, o ad affioramenti limitati di complessi rocciosi caratteristici.

Si capisce facilmente che in questi studi di carattere, diciamo così, regionale, e per i quali si presentavano, in tutta l'Italia, campi estesissimi quasi inesplorati, ogni scuola si dedicasse principalmente alle zone più vicine. Così la scuola piemontese, con lo Spezia, il Piolti, il Colomba, e il Roccati, si occupò in prevalenza dello studio di rocce delle Alpi piemontesi e liguri; la scuola lombarda, che intanto si era formata a Pavia, col Brugnatelli e, soprattutto, con l'Artini e col Riva, illustrò, in prevalenza, rocce lombarde; della Toscana si interessò la scuola di Pisa, col D'Achiardi, il Busatti e, verso la fine del secolo, con G. D'Achiardi e col Manasse.

Si inizia così una illustrazione litologica del nostro paese, che pur procedendo, in certo modo, a sbalzi e senza seguire un piano predisposto ed ordinato, dà peraltro un contributo notevolissimo alla conoscenza delle rocce italiane.

A questo periodo sono da riportare degli studi di grande importanza, non solo locale ma anche generale, per l'interpretazione di taluni fenomeni petrogenetici: ricorderò, a mò d'esempio, le ricerche del Franchi e del Novarese sulle rocce della formazione detta delle « pietre verdi », nelle Alpi occidentali, ricerche che hanno contribuito grandemente a chiarire il complesso problema della trasformazione delle rocce gabbriche e diabasiche, ed a classificare i prodotti del loro metamorfismo.

E notevoli pure sono alcuni studi monografici come quello del Riva pubblicato postumo sulle rocce filoniane della Sardegna, e lo studio petrografico-geologico sulla Valsesia di E. Artini e G. Melzi: è un'opera, questa, che potrebbe essere considerata un modello di studio litologico, sia per aver unito la ricerca petrografica con quella geologica, sia per l'accuratezza e lucidità delle descrizioni; potrebbe essere considerata come un modello, dicevo, se ad essa non facesse interamente difetto la parte chimica.

Ho ricordato in precedenza gli studi psammografici dell'Uzielli: in questo stesso campo si è acquistato grandi meriti l'Artini, uno scienziato sull'opera del quale dovrò tornare ancora nei seguenti capitoli, giacchè l'attività sua si è svolta, per una parte molto notevole, anche nel secolo attuale. L'Artini non si è limitato alla descrizione di alcune sabbie, ma ha contribuito anche a stabilire la tecnica per questo genere di studi, che peraltro non hanno avuto, in Italia, lo sviluppo che l'importanza loro avrebbe richiesto, tanto più che il nostro paese, come osserva il Retgers, fondatore della psammografia, si presta in modo particolare per ricerche che possano condurre a risultati di grande interesse geologico. E' da augurare che i nostri giovani mineralogisti, sull'esempio dell'Artini e del Salmoiraghi, che, se non i soli, son certo quelli che più e meglio hanno lavorato in questo campo, riprendano sistematicamente lo studio delle sabbie dei fiumi, delle spiagge italiane; i risultati raggiunti li compenseranno

certamente della fatica richiesta per impadronirsi di un metodo non molto difficile, ma un po' lungo e non sempre dilettevole.

Negli ultimi anni del secolo scorso è incominciato anche lo studio petrografico di rocce raccolte nelle nostre colonie, studio che, come vedremo in seguito, si è sviluppato principalmente ai nostri giorni, insieme con quello di materiale riunito durante esplorazioni italiane in terre straniere. E' degli ultimi anni del secolo XIX la descrizione delle rocce raccolte dal Baldacci nell'Eritrea, dovuta al Bucca ed al Sabatini; e nell'anno 1900 è stato pubblicato lo studio, eseguito dal Millosevich, delle rocce raccolte in Somalia dalla seconda spedizione Bottego.

II.

IL PRIMO DECENNIO DEL SECOLO XX

La storia della mineralogia, nel presente secolo, si può distinguere in due periodi: uno comprende tutto il primo decennio, giunge, anzi, più precisamente, al 1912, all'anno cioè nel quale il Laue pensò di servirsi dei cristalli come reticoli di diffrazione per i raggi del Röntgen, e Friedrich e Knipping eseguirono la prima esperienza in questo campo; il secondo periodo, che continua tutt'oggi, è caratterizzato dalle conseguenze profonde di tali studi.

Non si può dire che, nel primo decennio del secolo, si noti una fondamentale differenza di indirizzo, per le ricerche mineralogiche, rispetto a quello della fine del secolo precedente; si osserva piuttosto uno sviluppo ed un perfezionamento di metodi, un evolversi di principi e di concetti, specialmente in alcuni rami della nostra scienza, in quelli cioè che più potevano risentire del grande incremento degli studi di chimica - fisica, verificatosi proprio nel passaggio fra i due secoli.

Nella cristallografia morfologica pura, i progressi non sono molto notevoli; questa parte della mineralogia, come già s'è veduto, ha raggiunto, sul finire del secolo XIX, un assetto che si può ritenere definitivo, e perciò tutto si riduce qui, in sostanza, ad approfondire punti particolari, od a dare forma diversa e più moderna, anche se non sempre migliore, a concetti già acquisiti.

In particolare si è occupato da noi assai ampiamente di morfologia pura R. Panebianco; nei suoi lavori, che

spesso hanno addirittura indirizzo polemico (e del resto lo spirito polemico, non sempre giusto nè mantenuto in giusti limiti, si può dire non mancar quasi mai nei suoi scritti) si trovano di frequente idee molto interessanti. Giustissime, per esempio, le osservazioni che egli fa sopra alcune cosiddette leggi cristallografiche, come quella zonale, o del Weiss, e quella del Miller, che, e chiaramente egli lo mostra, non sono affatto leggi naturali ma teoremi di geometria applicati ai cristalli.

Il Panebianco ha pubblicato anche, nel 1887, degli « Elementi di cristallografia morfologica » comparsi poi di nuovo, con notevoli modificazioni ed aggiornamenti nel 1905, sotto il titolo di « Trattato di cristallografia morfologica ». E' questa un'opera molto pregevole per il rigore della trattazione, anche se, in qualche punto, sviluppi matematici superflui ne rendono poco agevole la comprensione.

Un allievo del Panebianco, il Billows, si è occupato, egli pure, di morfologia cristallografica.

Son da ricordare poi gli studi del Panichi sull'omologia che si riattaccano, in forma più elegante, a quelli del Goldschmidt sulle relazioni zonali e sulla complicazione.

Progressi notevoli sono stati fatti nella tecnica goniometrica, con l'introduzione dei goniometri a due cerchi, o goniometri teodoliti; i primi di tali apparecchi furono costruiti poco dopo il 1890, per iniziativa, principalmente del Fedorow e del Goldschmidt, ma l'uso loro si diffuse più che altro nel periodo del quale ora ci occupiamo.

Questi goniometri che, con una sola operazione di aggiustamento e centramento, consentono la misura della massima parte degli angoli di un cristallo, son di uso particolarmente vantaggioso, quando si abbia a che fare con cristalli di sostanze facilmente alterabili, o con facce molto piccole e imperfette, e così pure per lo studio della poliedria e, in genere, delle particolarità delle facce; sui quali

argomenti, ricerche molto interessanti son state eseguite dal Goldschmidt e dai suoi allievi.

In correlazione con i metodi teodolitici, sono stati anche stabiliti dei procedimenti di calcolo cristallografico, che possono essere utilmente adoperati.

Ma più che a ricerche teoriche, gli studi di cristallografia morfologica sono stati diretti, nei primi due lustri del nostro secolo, in Italia e fuori, alla illustrazione di specie minerali già note, o nuove, ed anche di cristalli di sostanze artificiali, per lo più organiche; si deve osservare però, a questo proposito, che quella che sul finire dell'ottocento si poteva considerare quasi come una mania dei cristallografi, nostrani e forestieri, e che, in gran numero di casi, non era altro che pura esercitazione cristallografica, lo studio, appunto, dei cristalli artificiali, è andato pian piano rientrando in limiti normali. Anche oggi, quando sia il caso, si determina la cristallizzazione dei nuovi composti artificiali, e, veramente, non ci sarebbe proprio ragione di non farlo: i chimici, ai quali tale lavoro spetterebbe, non hanno, in generale, la preparazione necessaria per eseguirlo, ed è quindi naturale che si rivolgano ai mineralogisti, ma, fra questi, la passione per la pura esercitazione cristallografica fortunatamente è passata.

Come dicevo poc'anzi, la ricerca cristallografica, nel periodo ora in questione, è stata più che altro di tipo descrittivo; i lavori pubblicati in Italia, in questo indirizzo, sono molto numerosi, e spesso di notevole importanza; troppo lungo, ed ozioso, sarebbe il ricordarli tutti, e perciò mi limito a segnalarne alcuni pochi, che hanno carattere, in certo modo, monografico, sia perchè studiano gran numero di cristalli di un minerale di determinata provenienza, sia perchè di un dato giacimento illustrano tutti i minerali che vi si rinvencono.

Può essere ricordato qui, benchè rimonti al periodo precedente, il lavoro dell'Artini sull'epidoto dell'Elba, condotto con metodo impeccabile; e così la monografia

di G. D'Achiardi sulle tormaline elbane; le sue ricerche su borati dei lagoni toscani; i lavori, dello stesso autore e, in parte, del Manasse e dello scrivente, sui minerali dei marmi di Carrara; i diversi studi di mineralogia sarda del Millosevich, quelli dell'Artini, su molti giacimenti lombardi, del Colomba sui minerali di Oulx, del Boeris su quelli della Comba di Compare Robert.

Ma certo la monografia più importante di tutte, in questo campo, è la « *Mineralogia vesuviana* » di F. Zambonini, opera veramente poderosa nella quale sono studiati, discussi e descritti tutti i numerosissimi minerali della regione vesuviana, con uniformità e precisione di metodi, e con la straordinaria acutezza di osservazione che distingue tutti i lavori di questo autore; numerosi sono i minerali, spesso molto rari, nuovi per la regione, talora per l'Italia o, addirittura non prima conosciuti, che sono descritti in quest'opera, e frequenti pure le rettifiche di indicazioni errate od inesatte di precedenti osservatori. Spesso poi le osservazioni dello Zambonini hanno anche interesse generale, oltre che regionale, quando di alcuni minerali è meglio stabilita la composizione chimica, o sono determinate proprietà morfologiche e fisiche prima ignorate.

Della « *Mineralogia vesuviana* » è stata pubblicata, nel 1935, una nuova edizione aggiornata, da un allievo dello Zambonini, E. Quercigh.

Di fisica mineralogica, in Italia, si sono interessati più i fisici che non i mineralogisti, e ciò, in fondo, è naturale, dato che tali ricerche richiedono, in genere, apparecchi ed impianti che di solito non si trovano nei laboratori di mineralogia.

A preferenza, perciò, i mineralogisti si sono interessati della risoluzione di problemi teorici: così il Bartalini ed il Panebianco hanno dato delle formule logaritmiche per il calcolo dell'angolo degli assi ottici in funzione degli indici di rifrazione, ed il secondo ha trattato anche il pro-

blema dell'approssimazione dei risultati numerici calcolati partendo dai dati sperimentati. Il Viola ha studiato ampiamente il problema della determinazione delle costanti ottiche dei cristalli partendo da misure che non si riferiscono ai valori principali.

Come studi di indole sperimentale, in questo campo sono da ricordare specialmente quelli del Panichi sulle variazioni delle proprietà ottiche dei minerali sotto l'influenza di forti raffreddamenti.

Lavori di cristallografia chimica si possono considerare i molti studi su composti artificiali prima ricordati, i quali assumono particolare importanza quando si riferiscono a delle serie di composti; come, per ricordare un solo esempio, le ricerche dell'Artini e del Repossi sui derivati del benzolo.

In generale però questi studi, anche quando non siano semplici esercitazioni cristallografiche, esulano in gran parte dal vero campo della mineralogia, ma contribuendo alla conoscenza delle relazioni fra costituzione chimica e proprietà cristallografiche, possono indirettamente essere utili anche dal lato mineralogico.

Di vera mineralogia chimica sono invece le ricerche tendenti ad indagare la costituzione chimica dei minerali, ed in questo campo gli studiosi italiani hanno portato contributi assai cospicui.

Il Manasse, sotto questo riguardo, ha studiato numerosi minerali, sia per stabilirne la identità prima non bene conosciuta, sia per indagarne la costituzione: sono particolarmente da ricordare i suoi lavori sui minerali del gruppo cloritoide, e quello (che, per la data (1915), non apparterebbe al periodo ora considerato) sulla piroaurite e sull'idrotalcite, nel quale, con accuratissime determinazioni, egli ha potuto dimostrare che i due minerali sono dei carbonati basici, e non degli idrati come vengono ritenuti tutt'ora; giacchè queste ricerche del Manasse, o son rimaste ignorate, o non hanno avuto la considerazione che merita-

no. Di notevole importanza è anche un'altro lavoro del Manasse, pure del 1915, sulle terre gialle e bolari amiatine nel quale è dimostrata la presenza prima non sospettata di arseniato basico di ferro in tali sostanze, specie in quelle più scure che arrivano a contenere oltre il 9 % di As_2O_5 .

E' da ricordare anche che G. D'Achiardi ha stabilito le vere formule chimiche della larderellite e della geocronite, e lo Zambonini quelle di parecchi minerali vesuviani e laziali.

Di grande interesse sono poi le ricerche di questo medesimo autore sulla funzione dell'acqua nei minerali, specie nei silicati, ed in particolare nelle zeoliti; le sue numerose esperienze sulla disidratazione e riidratazione di molte zeoliti, l'hanno condotto a riconoscere la grande analogia di comportamento fra l'acqua zeolitica e quella degli idrogeli, e le sue conclusioni, combattute dal Panichi, si sono mostrate poi non in contrasto con quanto ha potuto di recente stabilire lo studio röntgenografico di questa singolarissima famiglia di minerali.

Ma oltre che con gli studi sulle zeoliti, molti altri contributi notevoli ha portato, nella mineralogia chimica, lo Zambonini: è anzi forse questo il campo nel quale la sua multiforme attività più e meglio ha avuto modo di manifestarsi, ma essendosi essa svolta principalmente nel periodo successivo a quello del quale ci occupiamo attualmente, ci tornerò più avanti.

III.

I NUOVI INDIRIZZI:
INFLUENZA DELLE TEORIE DELLA
CHIMICA - FISICA



Già ho accennato alla notevole influenza che lo sviluppo, sempre più ampio, degli studi di chimica-fisica ha avuto anche sulla mineralogia: influenza che ha condotto a meglio indagare ed a meglio intendere molti fenomeni del mondo inorganico.

In un certo senso parecchie delle ricerche che sono state ricordate fino ad ora rientrano in questo campo; così in generale, gli studi che tendono a trovar le relazioni fra la composizione chimica e la forma cristallina, quelli sull'isomorfismo e sul polimorfismo, quelli sulla funzione dell'acqua nei minerali ed anche le ricerche sull'influenza della temperatura e della pressione nella formazione dei minerali.

Nel campo cristallografico, l'applicazione forse più feconda è stata quella determinata dall'uso dei criteri della termodinamica allo studio della formazione dei cristalli di miscela. La preparazione teorica per queste applicazioni fu fatta, nell'ultimo decennio del secolo decorso, dal chimico olandese H. W. Bakhuis Roozeboom, e molte ricerche sperimentali sulla formazione dei cristalli di miscela vennero eseguite da un altro olandese, J. W. Retgers.

In Italia l'analisi termica, per lo studio di cristalli misti, è stata praticata assai ampiamente dai chimici, molto meno dai mineralogisti; son da ricordare peraltro i lavori dello Zambonini, in particolare quello, di grandissima importanza anche per altri riguardi, e sul quale tornerò in

seguito, sulle soluzioni solide fra i composti di calcio, stronzio, bario e piombo, da un lato, delle terre rare dall'altro, dove è dimostrato che, anche in sali molto semplici, c'è la capacità di formare cristalli misti omogenei, talora con miscibilità completa, fra i composti delle due serie, nonostante la diversità di valenza.

A questo proposito si deve notare che le conclusioni dello Zambonini hanno avuto, indirettamente, una conferma in questi ultimi anni, giacchè analisi chimiche, eseguite su ortiti molto fresche, mostrano che l'appartenenza dei minerali stessi al gruppo dell'epidoto è possibile soltanto, qualora si ammette che le terre rare trivalenti, in essi contenute, anzichè sostituire il ferro e l'alluminio, pure trivalenti, come era in generale ritenuto, si trovano al posto del calcio, bivalente, ma vicino a loro per il diametro atomico.

Lo studio degli equilibri chimici, e l'applicazione della regola delle fasi, ha avuto pure grande successo nell'interpretazione dei fenomeni di polimorfismo; l'esistenza di sistemi enantiotropi e monotropi, e le modificazioni che su di essi possono esser indotte da variazioni della pressione, ha dato luogo a deduzioni molto interessanti anche dal lato geologico.

Dove i metodi della chimica-fisica hanno avuto grandissima applicazione, è stato nello studio della origine dei minerali, e di conseguenza, delle rocce, che dai minerali stessi sono costituite, come pure nelle ricerche di sintesi, evidentemente connesse con quelle di genesi.

I minerali, essenzialmente, si formano per via idrica, per via ignea e per metamorfismo; si intende come, data la diversità di origine, diversi anche siano i metodi di studio usati nei singoli casi.

Per la minerogenesi per via idrica, fondamentali sono gli studi del van't Hoff, e della sua scuola, sulla deposizione dei sali oceanici.

L'acqua marina è una soluzione molto complessa, e

numerosissimi minerali da essa, in particolari condizioni, si possono deporre, ed effettivamente si ritrovano in alcuni giacimenti, come in quello, celebre, di Stassfurt, alla cui genesi specialmente si riferiscono le ricerche del van't Hoff.

Punto di partenza è lo studio dei sistemi formati dai quattro composti: cloruri e solfati di magnesio e di potassio. Nella supposizione di una evaporazione a temperatura costante, le singole coppie di sali vengono studiate a 25° , per mezzo di diagrammi isotermici. In realtà, nell'acqua marina i quattro sali son presenti contemporaneamente, ciò che complica molto le cose, giacchè si viene ad avere un sistema con cinque componenti, quattro soli dei quali però sono indipendenti, il quinto trovandosi legato agli altri dalla legge dell'azione di massa.

Per lo studio di questo sistema, il van't Hoff ricorse ad un modello spaziale costituito da un mezzo ottaedro o, meglio, alla sua proiezione sul piano della base.

Non è possibile entrare qui in particolari su queste interessanti ed importantissime ricerche, alle quali la proiezione surricordata ha servito di fondamento, ma che sono poi molto più complesse, come, per esempio, si può dedurre dalla circostanza che nel sistema fino ad ora considerato, veniva fatta astrazione dal più abbondante fra i sali contenuti nell'acqua marina, il cloruro di sodio.

Accennerò solo al fatto che la ricerca non si è limitata a quel che avvenne alla temperatura di 25° ; lasciando immutata la pressione, ciò che presumibilmente corrisponde alle condizioni naturali di evaporazione, sono state studiate le notevoli e numerose trasformazioni indotte da cambiamenti di temperatura, cambiamenti che si deve supporre siano effettivamente avvenuti in natura.

Se pure oggi i fenomeni illustrati dal van't Hoff si possono, in parte, indagare più agevolmente per mezzo di nuovi tipi di diagrammi ideati successivamente dallo Jaenecke, e se anche alcune particolari conclusioni hanno dovuto esser modificate, l'opera del van't Hoff rimane un

modello di applicazione delle leggi fisico-chimiche alla spiegazione di fenomeni di minerogenesi.

Se difficile e complesso è lo studio della genesi dei minerali per via idrica, difficoltà e complicazione aumentano notevolmente quando si passi a quello dei minerali di origine ignea. Ardua impresa, se non impossibile, è il mettersi in condizioni che si avvicinino a quelle che si verificano in natura; e pertanto i risultati sperimentali debbono sempre essere interpretati con prudenza.

Esperienze di sintesi mineralogiche da masse fuse furono intraprese già nel secolo passato, specie per opera di scienziati francesi (Fouqué, Michel-Levy) e spesso con risultati positivi, il più importante dei quali, forse, è stato quello dimostrante che da fusioni secche, cioè costituite da componenti con bassa tensione di vapore, anche a temperature elevate, si potevano ottenere, con relativa facilità, alcuni dei minerali più tipici delle rocce eruttive, specie di quelle basiche, mentre altri, pur molto diffusi in natura, e certo di origine ignea, non si formavano mai in tali condizioni. Da qui la necessità di ammettere che sulla genesi di questi minerali importanza grandissima avesse la presenza di sostanze facilmente volatili, cioè di quelle sostanze che, con denominazione forse poco opportuna, furono dette « agenti mineralizzatori ».

Lo studio sistematico della cristallizzazione da sostanze fuse è però assai più recente. Esso presenta delle grandi difficoltà, anche dal lato tecnico, e richiede impianti costosi; notevolissimi risultati sperimentali sono stati ottenuti, in questo campo, specialmente dall'Istituto geofisico di Washington, e poi da numerosi altri ricercatori, fra i quali si possono ricordare il Baur, il Tamman, il Vogt, il Niggli.

Il magma, dal quale in natura si originano, per via ignea, i minerali, è una fusione silicata, di costituzione

assai complessa, contenente ossigeno in quantità sufficiente per ossidare tutti gli altri elementi presenti; non è detto però che questi si debbano trovare, nel magma, allo stato di ossidi, diciamo così liberi, anzi molti fatti inducono a far ritenere che essi, già prima di costituire, all'atto del consolidamento, i composti minerali che si troveranno nella roccia, formino già, almeno in parte, delle molecole complesse, la cui composizione, però, non ci è nota con sicurezza.

Per indagare il modo con il quale avviene la cristallizzazione, via via che la temperatura si abbassa, o specialmente l'ordine di consolidazione, si ricorre a dei diagrammi isobarici, nei quali quindi due sono le variabili, la concentrazione e la temperatura.

Si incomincia con i sistemi di due componenti, e le cose sono molto semplici se fra i componenti stessi c'è completa miscibilità allo stato liquido, e nessuna allo stato solido, mentre esse si complicano quando i due componenti sono suscettibili di combinarsi in proporzioni determinate, o di formare cristalli di miscela.

Si capisce come il caso di magmi con due soli componenti, sia, per lo meno, molto raro in natura, e perciò questo studio non ci può dare che indicazioni preliminari sui processi naturali.

I sistemi con tre componenti si possono ancora studiare assai bene, ricorrendo a modelli spaziali, ed alle loro proiezioni in un piano, ma le difficoltà sperimentali aumentano molto; essi rappresentano un passo notevole nell'approssimazione alle condizioni naturali dalle quali, peraltro, rimangono ancora assai distanti.

Lo studio diretto di sistemi con quattro componenti sembra, almeno per ora, quasi al di fuori delle possibilità pratiche; si pensi che solo per rappresentare le concentrazioni occorre, in questo caso, un modello spaziale, e manca perciò una coordinata per le temperature, anche limitandosi a diagrammi isobarici.

Per affrontare un tale studio conviene perciò ricorrere ad un certo numero di semplificazioni, fondate sopra ipotesi bensì plausibili, ma certo, in parte almeno, arbitrarie.

Per il giusto apprezzamento dei risultati di queste ricerche, conviene poi ricordare che i sistemi considerati rientrano fra i cosiddetti sistemi condensati, cioè senza elementi volatili, e che viceversa i magmi naturali di tali elementi ne contengono. Sopra la quantità di essi poco si sa con certezza, ma sembra che di solito si tratti di poche unità per cento, in peso; l'importanza, peraltro della loro presenza non è in proporzione della poca quantità, e, specie per le rocce acide, essa è molto notevole.

Lo studio dei sistemi con componenti facilmente volatili offre difficoltà sperimentali anche maggiori di quello delle fusioni secche; inoltre, per la rappresentazione diagrammatica si hanno complicazioni non indifferenti. Mentre infatti per i sistemi condensati possono servire i diagrammi isobarici, giacchè per produrre spostamenti notevoli dei punti caratteristici di tali sistemi occorrono variazioni di pressione molto forti, qui invece la pressione esercita un'influenza notevolissima, e non può essere trascurata. In conseguenza di questo fatto, già sistemi con due componenti, uno poco ed uno molto volatile, si studiano con modelli spaziali. Si capisce facilmente poi che si possono avere, o no, a seconda dei casi, fenomeni critici, ciò che complica ancora le ricerche.

Delle quali si è occupato particolarmente il Niggli, che già nel 1920 pubblicò un volume dal titolo «*Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma*»; il primo volume della seconda edizione di questa opera, notevolmente ampliata ed aggiornata, è uscito nel 1937, col nuovo titolo «*Das Magma und seine Produkte*».

Genesi che si potrebbe dire intermedia fra quella ignea e quella idrica hanno i minerali e le rocce di origine pneumatolitico-idrotermale, e lo studio loro, esso pure molto

complesso e che rappresenta, in certo modo, la prosecuzione delle ricerche precedenti, vien fatto con i metodi prima indicati.

Il problema dell'origine delle rocce metamorfiche è stato forse quello che più ha occupato, ed appassionato, geologi e litologi. Riconosciuta erronea la vecchia ipotesi che gli scisti cristallini rappresentassero la prima consolidazione della superficie terrestre, e stabilito con sicurezza che essi erano sedimenti o rocce eruttive successivamente modificate, il problema della genesi si è spostato, nel senso di trovare quali fossero le azioni fisiche, ed anche chimiche, che hanno determinato il metamorfismo.

Molte sono le ipotesi emesse a questo proposito, ma forse la principale disparità di vedute si è avuta fra coloro che hanno sostenuto essere prevalente l'azione della pressione, idrostatica od unilaterale, e quelli invece che hanno veduto nell'aumento di temperatura la cagione preponderante del metamorfismo; oggi si ritiene, in generale, che ambedue i fattori abbiano influenza sul metamorfismo, e che, a seconda delle condizioni nelle quali esso avviene, sia più sensibile l'azione dell'uno o quella dell'altro.

Se notevoli difficoltà si incontrano nello studio sperimentale dell'origine dei minerali da soluzioni e da magmi fusi, anche maggiori sono quelle cui si va incontro per il caso del metamorfismo. Di modo che, più che per le genesi idrica ed ignea, si è dovuto ricorrere qui ai principi generali.

Così il Goldschmidt ed il Niggli hanno studiato l'applicazione della regola delle fasi agli equilibri che si può presumere si verificano nel processo metamorfico, e molti, fra i quali il van Hise, il Grubenmann, il Becke, hanno ritenuto si debba ricorrere alla legge della temperatura, secondo la quale un aumento di questa favorisce processi con tonalità termica negativa, e viceversa, ed alla

legge dei volumi, la quale dice che un aumento di pressione produce associazioni di minor volume.

In complesso, e come conclusione, anche tralasciando di ricordare altri campi nei quali ricerche molto importanti si sono sviluppate (per esempio, quello delle trasformazioni che avvengono alla superficie della terra, e che conducono alla formazione di prodotti colloidali) si può affermare che l'applicazione dei metodi e dei criteri della chimica - fisica allo studio dei fenomeni del mondo naturale inorganico ha avuto risultati brillantissimi.

Certo non era da attendersi, come già ho notato, che i risultati degli esperimenti fossero da applicare direttamente e semplicemente ai processi naturali: troppo diverse, per quanto si faccia, sono le condizioni di laboratorio da quelle che si verificano in natura.

Così, per esempio, in un sistema con n componenti, per la regola del Gibbs, dovrebbero poter coesistere $n + 2$ fasi, ma questo numero massimo non si ottiene altro che quando il sistema è invariante, a temperatura e pressione data; ora che in natura, nei processi minerogenetici, tali condizioni si verificano stabilmente è molto improbabile: si tratta di fenomeni che avvengono, di solito, in un intervallo di temperatura e di pressione assai ampio, di modo che queste due grandezze sono variabili, e si hanno due gradi di libertà; ne consegue che il numero delle fasi è uguale a quello dei componenti.

Perciò il Goldschmidt ha annunciato la «regola delle fasi mineralogica», la quale dice che per temperature e pressioni arbitrarie, con n componenti non possono coesistere stabilmente più di n fasi minerali.

Si deve pensare anche che lo studio, teorico o sperimentale, degli equilibri chimici si riferisce, in genere, a condizioni nelle quali l'equilibrio si può stabilire; ora per ragioni svariatissime, spesso in natura le condizioni di equilibrio non sono raggiunte, ciò che conduce a conseguenze non sempre, o non sicuramente prevedibili.

Il fondamento fisico-chimico teorico e sperimentale deve dunque servir di guida nello studio particolare dei casi singoli, ma bisogna ricordarsi, come giustamente osserva il Niggli, che « l'esperimento non può indicare quale via ha seguito la natura, ma soltanto invece come essa opererebbe in certe condizioni ».

IV.

DAL 1912 AD OGGI:
APPLICAZIONE DEI RAGGI X ALLA DETERMI-
NAZIONE DELLA STRUTTURA DEI CRISTALLI;
PROGRESSI DELLA CRISTALLOGRAFIA
IN QUESTO INDIRIZZO.

Ho già ricordato come i cristallografi, partendo esclusivamente da concezioni teoriche, avessero stabilito, sulla fine del secolo passato, una teoria sulla struttura intima dei cristalli, teoria ammirevole e compiuta in tutte le sue parti, ma il cui destino sembrava quello di rimaner sempre non dimostrata e non dimostrabile, perchè la distanza fra le singole particelle, costituenti la materia cristallina, era così piccola, da cadere largamente fuori dai presumibili limiti imposti alla osservazione diretta.

Viceversa la teoria doveva ricevere, per una via che difficilmente si sarebbe potuto prevedere, la più brillante conferma sperimentale: è stato questo, secondo me, uno dei più bei risultati della scienza moderna.

Nel 1912 il Laue ebbe la geniale idea di usare lamine di cristalli come reticoli di diffrazione per i raggi del Röntgen; era stato veduto che tali raggi, se effettivamente erano di natura comparabile con quella dei raggi luminosi, avevano però una lunghezza d'onda così piccola, da richiedere, per produrre fenomeni di diffrazione, dei reticoli con striatura tanto fitta che non era possibile pensare di ottenerli artificialmente. D'altra parte, un semplice calcolo permetteva di vedere che le distanze fra le particelle dei reticoli cristallini, una volta ammessa giusta la teoria costruita dai cristallografi, era dello stesso ordine di grandezza della presunta lunghezza d'onda dei raggi X.

La teoria dei reticoli tridimensionali fu stabilita dal

Laue, e le esperienze vennero eseguite, da Friedrich e Knipping, con risultati pienamente positivi; i quali risultati, se da una parte confermavano la natura ondulatoria dei raggi del Röntgen, e fornivano ai fisici lo strumento per tutta una serie di studi interessanti, d'altro lato davano la conferma sperimentale della teoria reticolare dei cristalli, ed aprivano, ai mineralogisti, una via per lo studio particolare delle singole strutture, e per molte e fondamentali ricerche in campi ancora inesplorati.

Le esperienze fatte secondo il sistema proposto dal Laue, da sole non sono per lo più sufficienti per dare la conoscenza compiuta della struttura di un cristallo; ma una volta trovato lo strumento, cioè l'analisi per mezzo dei raggi del Röntgen, non era difficile escogitare nuovi procedimenti, che conducessero alla soluzione integrale del problema. E difatti, dai Bragg, da Debye e Scherrer, dallo Schiebold, e da altri ancora, sono stati messi in opera svariati dispositivi i quali, spesso usati contemporaneamente, permettono in generale di arrivare allo scopo.

Si capisce come un mezzo di studio così nuovo e fecondo dovesse attirare l'attenzione dei ricercatori, ed infatti mineralogisti e, forse più, fisici e chimici, in pochi anni hanno accumulato una mole ingentissima di lavoro: oggi la struttura della massima parte dei minerali è conosciuta, e solo rimangono dei dubbi e delle incertezze per taluni, specie a tipo di silicati, i quali, per la complessità della costituzione chimica, e spesso per la bassa simmetria, offrono particolare difficoltà di ricerca e di interpretazione.

Naturalmente gli studi non si sono limitati al campo esclusivamente mineralogico, cioè alle sostanze naturali; anche i composti artificiali hanno dato occasione e materiale per la ricerca, ed anzi di essi specialmente, visto che fra i minerali non restano da decifrare, si può dire, altro che quelli particolarmente difficili, si occupano oggi gli studiosi.

Le ricerche strutturali hanno portato a chiarimenti, ed anche a modificazioni di concetti già acquisiti, nel campo mineralogico; parte della nostra scienza ha dovuto, per così dire, rivedere i suoi fondamenti, per mettersi in accordo con i risultati dei nuovi studi, e questo non tanto nel campo strettamente morfologico, quanto in quello fisico e specialmente chimico.

Così, per esempio, il fatto che nel massimo numero dei minerali, ai nodi dei reticolati si trovano ioni, semplici e complessi, ed atomi, ha condotto ad una modificazione profonda del concetto di molecole nei corpi cristallizzati.

Ma il problema più importante, per il quale lo studio delle strutture sembra esser suscettibile di fornire una soluzione integrale, è quello delle relazioni fra composizione chimica e forma cristallina. Tale soluzione, come s'è visto in uno dei capitoli precedenti, era stata cercata già da molto tempo, ed aveva dato origine ad un grande numero di studi, ma mai si era potuto raggiungerla, e forse neppure avvicinarsi ad essa.

La soluzione integrale la si avrebbe quando si fosse trovata una legge, diciamo così, quantitativa, la quale permettesse di risalire dalla formula chimica di un composto alla sua struttura, e perciò alla sua forma cristallina; bisogna confessare, però, che da una tale soluzione siamo ancora ben lontani. E' stata formulata, è vero, una proposizione, dal Goldschmidt, detta « legge cristallografica fondamentale »; essa è però ancora puramente qualitativa, non solo, ma, anche da questo lato, risolve solo in parte la questione.

Per giungere a veder chiaro nella immensa quantità di dati forniti dalle analisi strutturali, era necessario, prima di tutto, aver i valori numerici di quello che, forse non propriamente, è stato detto il raggio ionico ed atomico degli elementi nei cristalli; non si tratta, veramente, dei raggi reali degli atomi e degli ioni, ma dei loro raggi apparenti o, come anche son detti, effettivi; in un certo senso,

si tratterebbe dei raggi delle sfere d'influenza degli atomi e degli ioni, nello spazio occupato dal cristallo.

Il primo che si è interessato della soluzione di questo problema, fondandosi sulle distanze interatomiche determinate nelle strutture dei cristalli, è stato A. Hull, seguito presto da W. L. Bragg; ma il maggior numero di dati empirici, sui raggi atomici ed ionici, è dovuto indubbiamente a V. M. Goldschmidt.

Successivamente i valori stessi sono stati calcolati, per via teorica, dal Pauling e poi dallo Zachariasen; in generale viene affermato che tra i valori del Goldschmidt e quelli del Pauling c'è buona concordanza, ma in realtà, come giustamente osserva il Boldyrev, ciò non è vero affatto; se in media la differenza fra i valori trovati dai due autori è di $+ 0,03 \text{ \AA}$ per i cationi, e di $- 0,16 \text{ \AA}$ per gli anioni, in casi particolari si giunge a differenze rispettivamente di $0,19$ e di $0,73 \text{ \AA}$, differenze molto grandi, quando si pensi che la determinazione delle distanze interioniche nei cristalli può raggiungere l'approssimazione di $0,01 \text{ \AA}$, e quando si consideri che esse differenze arrivano al 47% della grandezza da determinare.

A questa cagione di incertezza, si debbono aggiungere poi altri fatti che complicano molto notevolmente le cose, e cioè, principalmente, le variazioni che il raggio di uno stesso elemento può mostrare, non solo a seconda che esso si trovi allo stato di atomo neutro o di ione, ma anche in conseguenza del numero di coordinazione, cioè del numero di atomi di un altro elemento che, in una data struttura, gli stanno vicini, e finalmente in conseguenza di un fenomeno particolare, ipotetico, e non ancora misurabile sperimentalmente, cioè della polarizzazione.

Nonostante queste difficoltà, ed altre ancora che non è possibile esporre qui, il Goldschmidt, dopo un lavoro amplissimo di analisi e di sintesi, è riuscito ad enunciare quella che, come ho detto, viene chiamata legge cristallo-

chimica fondamentale, e che può essere espressa nei seguenti termini:

« La struttura di un cristallo è determinata dalla quantità delle sue unità strutturali, dalle loro dimensioni, e dalle loro proprietà polarizzanti » dove per unità strutturale si intendono gli atomi, gli ioni ed i gruppi di atomi.

In un recente lavoro di sintesi e di critica, il Boldyrev osserva, molto giustamente, a mio modo di vedere, che se il primo fattore della legge del Goldschmidt (formula stechiometrica) limita il numero delle possibili strutture di un dato composto, questo numero rimane ancora estremamente grande; che l'importanza del secondo fattore (dimensioni degli atomi e degli ioni) è notevolmente attenuata dal fatto della variabilità del raggio ionico di uno stesso elemento; che finalmente la valutazione del terzo fattore (polarizzazione) ed il suo raccordo con i fatti sperimentali, sono ancora incomparabilmente più difficoltosi che non per i primi due fattori.

In ogni modo, è innegabile che la legge del Goldschmidt ha avuto il grande merito di portare un po' di luce nella immensa congerie di fatti sperimentali, derivati dalle ricerche sulla struttura dei cristalli e, probabilmente, di segnare la via che potrà condurre alla soluzione compiuta del complesso problema.

Il campo nel quale le ricerche strutturali hanno avuto modo di portare un contributo straordinariamente notevole, è stato quello dello studio del polimorfismo e, specialmente, dell'isomorfismo.

Ho ricordato, a suo tempo, che questo ultimo fenomeno presentava un certo numero di apparenti anomalie, inspiegabili addirittura, e per la cui spiegazione era necessario ricorrere ad ipotesi ingegnose, se si vuole, ma in realtà prive di solido fondamento.

Un caso tipico di circostanze di tal genere era quello dell'albite e dell'anortite; il loro completo isomorfismo, e

la loro miscibilità in tutte le proporzioni, erano fatti da ritenere assolutamente certi; viceversa l'analogia chimica, per la sostituzione del calcio al sodio e dell'alluminio al silicio rimaneva molto dubbia. Il merito grande di avere per primo, in conseguenza delle ricerche strutturali, trovato il bandolo della matassa, e di avere stabilito che la soluzione poteva valere anche per altri casi, spetta allo Zambonini.

Come abbiamo già visto, il Bragg aveva determinato nel 1920, i diametri atomici degli elementi; dai suoi dati risultava da un lato che i diametri del sodio e del calcio erano di poco diversi, e d'altro lato, che assai vicini erano anche quelli dell'alluminio e del silicio. Ne dedusse, nel 1922, lo Zambonini, che per tali ragioni era comprensibile come, nell'edificio reticolare, potessero sostituirsi a vicenda sodio e calcio, ed alluminio e silicio senza che per ciò l'edificio stesso soffrisse modificazioni notevoli.

Nello stesso modo egli spiegò come la celsiana non sia isomorfa con l'albite e con l'anortite, ma sibbene con l'ortose: anche qui si ha la sostituzione dell'alluminio al silicio, ed inoltre quella del bario al potassio: ora, secondo i dati del Bragg, bario e potassio hanno diametri atomici vicini tra di loro, ma lontani da quelli del sodio e del calcio.

La conclusione che si può trarre dallo studio dello Zambonini, che cioè nella sostituzione isomorfa di un elemento ad un altro, fattore prevalente sia la grandezza degli atomi che si sostituiscono, ha grandissima importanza, giacchè serve di fondamento a tutti gli studi successivi, ad essa nulla toglie il fatto che i dati numerici, che lo Zambonini aveva a sua disposizione fossero erronei, come è stato visto in seguito: anche con i nuovi dati, certo più prossimi al vero, l'aspetto delle cose non è cambiato.

Ben a ragione, perciò è stato proposto di chiamare « legge dello Zambonini » il principio fondamentale che gli elementi si sostituiscono, nelle strutture isomorfe, non

a seconda della loro analogia chimica, come si era per lungo tempo supposto, ma a seconda dei loro raggi.

A proposito di studi cristallografici dello Zambonini, conviene ricordare come anche in un altro caso egli sia stato un geniale precursore. Ho ricordato, a suo tempo, lo studio del detto autore sui cristalli misti di composti degli elementi bivalenti con quelli delle terre rare: tale lavoro è stato pubblicato nel 1915, cioè poco tempo dopo la scoperta del Laue, e quando i risultati delle ricerche dei Bragg sulla struttura del salgemma erano appena conosciuti.

Ora, fondandosi appunto sui risultati dei Bragg, i quali dimostravano giusta l'ipotesi, emessa già dal Groth, che ai nodi dei reticolati si trovino gli atomi, e non già le molecole o dei gruppi di molecole, egli afferma, credo per primo, che nei reticolati dei cristalli di miscela si debbono avere non associazioni delle molecole dei composti che li costituiscono, ma bensì sostituzione di atomi ad atomi; questo concetto, come s'è visto, egli lo usa per le associazioni albite - anortite, ed è divenuto in seguito di applicazione generale.

Nello stesso lavoro, poi, egli dice che se si hanno dei reticolati atomici, non è possibile ammettere che « *sempre*, in tutti i composti, si abbiano gli edifici cristallini costituiti dagli atomi liberi »; in casi particolari, ai nodi dei reticolati si potranno trovare gruppi più o meno complessi di atomi. Ed oggi sappiamo con sicurezza che ciò appunto si verifica, e che insieme a reticolati atomici ed ionici semplici, ne esistono di quelli con ioni complessi, ed anche addirittura molecolari.

Per illustrare l'importanza degli studi strutturali nel campo mineralogico, in genere, accennerò ad un altro fatto. La costituzione chimica di un gruppo importantissimo di minerali, quello dei silicati, aveva offerto difficoltà di interpretazione molto notevoli; data la grande

resistenza di questi minerali, tale che non è possibile, per lo più, di portarli in soluzioni senza distruggerne interamente l'edificio chimico, era estremamente difficile ed incerto lo stabilire, per ogni silicato, da quale dei possibili, ed ipotetici, acidi del silicio, fosse derivato. A questo poi si deve aggiungere come la funzione di alcuni elementi, quali il titanio e, specialmente, l'alluminio, che in certi silicati si rinvenivano in quantità notevole, rimanesse quanto mai ambigua.

Nonostante queste difficoltà, ed altre ancora sulle quali non è possibile trattarsi, fondandosi sulla composizione bruta, su criteri di analogia, su relazioni di isomorfismo, e via dicendo, si era giunti alla conclusione, adottata dai più, che i silicati derivassero da un certo numero di acidi, l'ortosilicico, il metasilicico ed alcuni polisilicici; e su tale criterio era stabilita anche la classificazione dei silicati stessi.

Ora lo studio dei sali degli ossiacidi ha mostrato che, nella massima parte di essi, si trovano, come unità di struttura, i radicali degli acidi da cui i sali stessi derivano, per esempio i gruppi CO_3 , nei carbonati, quelli SO_4 nei solfati. Era logico attendersi, pertanto, che si dovessero trovare i gruppi SiO_4 negli ortosilicati, SiO_3 nei metasilicati, Si_3O_8 nei trisilicati e così via; invece le ricerche, dovute specialmente alla scuola dei Bragg, hanno avuto risultati interamente diversi. In tutti i silicati esistono come unità strutturali, dei gruppi tetraedrici SiO_4 , con l'atomo di silicio al centro ed i quattro ossigeni ai vertici. Se questi gruppi tetraedrici sono isolati, ciascuno ha la carica -4 ; ciò avviene talvolta, ma spesso anche i vari tetraedri sono uniti per i vertici, cioè alcuni atomi di ossigeno sono comuni a due tetraedri contigui, con che diminuisce, naturalmente, la carica complessiva; e può darsi che ogni tetraedro abbia un solo ossigeno a comune con quelli vicini, o due, o tre, o, finalmente, tutti e quattro, nel quale ultimo caso l'edificio è elettricamente

neutro, e si ha lo schema di struttura delle anidridi del silicio.

Le cose cambiano, rispetto alle cariche, se alcuni atomi di silicio, nei tetraedri, sono sostituiti da atomi di alluminio ciò che, come abbiamo già visto, per la legge dello Zambonini è possibile, data la differenza relativamente piccola fra il raggio ionico di Al^{+3} e di Si^{+4} ; così, per esempio, un gruppo di due tetraedri uniti per un vertice, si potrà esprimere, convenzionalmente, con $[Si_2 O_7]^{-6}$, ma, se, in ogni gruppo, un silicio è sostituito da un alluminio, si avrà invece $[Si AlO_7]^{-7}$.

Non è possibile entrare in particolari sui vari tipi di aggruppamenti, e sulle diverse possibilità che si hanno, e che realmente sono state dimostrate esistenti nei silicati; la struttura di alcuni di questi non è ancora nota con sicurezza ma, ad ogni modo, su fondamenti strutturali sono già state proposte delle classificazioni, specialmente per opera del Bragg, del Machatschki e, in questi ultimi tempi, del Berman, dello Strunz e dello Swartz.

In Italia gli studi sulla struttura dei cristalli non sono stati molto coltivati dai mineralogisti.

Ho ricordato il contributo, veramente fondamentale che, pur senza aver fatto, in quel caso, esperienze dirette, ha portato, nel campo della cristallografia, lo Zambonini.

Di indole teorica sono anche gli studi, molto interessanti, del Panichi, sulle azioni fra gli enti costitutivi dei reticolati cristallini.

Molti mineralogisti, si potrebbe dire tutti i giovani, occasionalmente hanno fatto delle ricerche sperimentali di strutturistica, ma senza spingere le cose a fondo, cioè senza giungere alla conoscenza totale della struttura intima dei cristalli studiati; due soli hanno portato contributi veramente importanti, il Gallitelli, per il solfato di calcio semidrato, e, specialmente, l'Onorato con una serie di la-

vori su minerali diversi, fra i quali lavori mi sembra degno di particolare menzione quello sulla fosgenite, dove le ricerche strutturali hanno mostrato l'assenza dei gruppi CO_3 , caratteristici dei carbonati; ne deriva che il minerale non è, come si era ritenuto, un cloro-carbonato, ma invece un derivato del fosgene. L'Onorato, risolve anche, elegantemente, la questione della classe di simmetria, ancora controversa, della fosgenite, questione che la ricerca strutturale lasciava indecisa, e la risolve, per mezzo dello studio della piezoelettricità, a favore della ipotesi sostenuta dal cristallografo V. Goldschmidt, cioè che il minerale appartenga alla enantioemiedria quaternaria.

Forse più che dai mineralogisti, ricerche sulla struttura dei cristalli sono state eseguite, in Italia, da fisici e, specialmente, da chimici; esse sono state dirette, non tanto allo studio di sostanze naturali, quanto a quello di composti artificiali, ed i risultati ottenuti, forse per la preparazione cristallografica non sufficientemente profonda degli autori, sono stati talvolta soggetti a critiche.

Sorge qui una grave questione, quella di sapere, cioè, se gli studi di strutturalistica siano di competenza dei fisici, dei chimici, o dei cristallografi. Il Machatschki, a questo proposito, osserva come ai fisici, che si occupano in particolar modo dello studio della struttura dei silicati, sia poco alla mano il materiale di osservazione mineralogico, e come perciò a loro sfuggano talora certi fatti, che possono suggerire soluzioni particolari di dati problemi; egli ritiene perciò che sarebbe desiderabile una stretta collaborazione fra il fisico, che ha padronanza dei metodi di analisi strutturali, ed il mineralogista. E le sue conclusioni non dovrebbero mutare, secondo me, quando dal campo difficile, ma limitato, della struttura dei silicati, si passi a quello della struttura dei cristalli, in generale.

Il Millosevich pure si è occupato di questa questione; egli osserva che il collegamento dell'alta ricerca cristallografica con la fisica e con la chimica si è reso sempre più

intimo, e che l'indirizzo delle ricerche, divenuta, salvo casi particolari, relativamente facile la determinazione della struttura cristallina, si orienta verso lo studio delle energie che animano gli elementi materiali delle strutture stesse; si volge quindi verso un complesso di studi, che esula da quella che è la preparazione scientifica del mineralogista. Prevede, perciò, « che la cristallografia, pur conservando la sua autonomia, verrà nelle mani dei fisici, e che negli Istituti di fisica, meglio che non attualmente accade negli Istituti di mineralogia, si dovrà compiere, in tempo relativamente prossimo, quella preparazione specifica indispensabile per lo studio morfologico e strutturale dei cristalli, che serve di base ad ulteriori ricerche sul reticolo cristallino ».

Quello che si può concludere, mi sembra, è che chi si vuol dedicare a studi, fisici o chimici, che abbiano relazione con la morfologia e la struttura dei cristalli deve, prima di tutto, aver confidenza con i metodi classici della cristallografia, confidenza che si acquista solo con un lungo tirocinio. Non sembra, purtroppo, che da noi si sia persuasi di questo: la mineralogia non è compresa fra le materie fondamentali per la laurea in fisica !

Se il contributo dei mineralogisti italiani allo studio della struttura dei cristalli è stato relativamente modesto, non per questo si deve ritenere che la nostra produzione mineralogica, anche a prescindere da quella litologica, sia stata scarsa, o di scarso valore.

Di cristallografia teorica si è occupato il Viola, richiamando l'attenzione sulle leggi dell'Haüy e del Curie, e sulla regola del Gibbs; contributi alla soluzione grafica di problemi cristallografici hanno portato il Giannotti ed il Bonatti. Il problema, poi, della determinazione degli indici di rifrazione nei minerali birifrangenti, per mezzo di prismi, è stato trattato a fondo dal Cavinato.

Di chimica cristallografica si sono occupati special-

mente lo Zambonini, con ricerche molto interessanti, specie su questioni di isomorfismo, ed i suoi allievi Quercigh, Perrier, Carobbi, Caglioti.

L'illustrazione dei minerali italiani è continuata, approfittando dei vari perfezionamenti di metodi e di interpretazioni, via via introdotti, ed usando anche incidentalmente, come ho prima accennato, la ricerca strutturale, specie per la soluzione di particolari problemi.

I lavori pubblicati sono molto numerosi; come per i periodi precedenti, accennerò molto in succinto, a quelli, costituiti da una memoria unica o da una serie, che illustrano determinate provenienze, e che perciò hanno, in certo modo, carattere monografico.

Così minerali di Traversella sono stati studiati, principalmente dal Colomba, quelli della Val d'Aosta dal Pelloux, di Cogne e della valle di Lanzo dal Fenoglio, del Pinerolese dal Grill, di Val Devero, nell'Ossola, dal Bianchi, di Baveno dall'Artini, dal Gallitelli, dal Grill, della Valle Aurina dal Cavinato, della Liguria dal Repposi, del Modenese dal Gallitelli e dal Grill, del Campigliese dallo scrivente e dal Rodolico, della regione dei soffioni boriferi dal D'Achiardi, dell'Elba dal D'Achiardi, dal Millosevich e dallo scrivente, del Vesuvio e del Somma dallo Zambonini e dal Carobbi, della regione etnea e delle zolfare siciliane dal Di Franco e dallo Stella Starabba, della Sardegna dal Pelloux, dal Manasse, dal Repposi, dal Serra.

Come per la litologia, così anche per la mineralogia si nota una riluttanza degli Italiani a scrivere trattati, forse in parte anche dovuta a ragioni materiali, cioè alla ristrettezza del mercato, che non incoraggia gli autori e, tanto meno, gli editori.

Per questo periodo si possono ricordare principalmente il « *Trattato di cristallografia* » del Viola, e « *I minerali* » dell'Artini.

Il primo è un trattato di mineralogia generale; il suo autore ha inteso di scrivere un libro « per gli studenti di

scienze naturali, di fisica, chimica, farmacia, ingegneria » e per coloro che desiderano un avviamento allo studio mineralogico, ma dato che, in certe parti, esso è impostato su fondamenti particolari, e che lo sviluppo dei vari capitoli presenta un certo squilibrio, è dubbio se lo scopo prefissosi dal Viola sia stato da lui raggiunto. Questo però non vuol dire che il libro non abbia i suoi meriti; anche oggi, ad oltre tre lustri dalla sua pubblicazione, esso può essere utilmente consultato.

Nel manuale dell'Artini si rispecchiano le doti peculiari dell'autore: grande chiarezza di esposizione, e perfetto equilibrio nello sviluppo delle varie parti; doti che ritroveremo in un altro trattato dell'Artini, quello sulle rocce. Anche qui, del resto, egli non si è proposto di pubblicare un testo di consultazione, ma anche qui son contenute nozioni sufficienti per una conoscenza più che superficiale della materia. Qualche lieve menda, nella parte riguardante l'ottica cristallografica, non diminuisce il grande valore dell'opera; il quale, del resto, è provato dal fatto che, vivente l'autore, in undici anni, il libro ha avuto tre edizioni, ed altre, piuttosto delle ristampe, ne sono state fatte dopo.

All'Artini è dovuto anche un testo di « *Mineralogia e materiali da costruzione* », testo rivolto in particolar modo agli studenti di ingegneria, ed esso pure molto ben fatto.

Si può ricordare anche che nel 1915 è stata pubblicata la seconda edizione del primo volume della « *Guida al corso di Mineralogia* », di A. D'Achiardi, notevolmente ampliato da G. D'Achiardi; ottimo libro, ma purtroppo già da lungo tempo esaurito.

In conclusione, oggi, un testo universitario italiano di mineralogia manca interamente, tale non potendo esser considerato, nonostante i suoi grandi pregi, « *I minerali* » dell'Artini; il libro del Viola, anche a prescindere da al-

tre considerazioni, è certamente invecchiato; quello del D'Achiardi, come s'è visto, esaurito.

Finalmente può esser fatto cenno del libro « *Le gemme* » dello scrivente, d'indole interamente diversa da quella dei volumi fino ad ora ricordati, ma che ancora tratta di minerali.

V.

SVILUPPO DEGLI STUDI DI PETROGRAFIA



La sempre più estesa e profonda conoscenza delle proprietà fisiche dei minerali, in particolare di quelle ottiche, ha dato naturalmente notevole impulso alla determinazione dei minerali stessi nelle sezioni sottili delle rocce, ed ha contribuito molto alla sicurezza della diagnosi e quindi al progresso degli studi di petrografia. Di importanza fondamentale, a questo proposito, sono le ricerche del Michel Lévy sulla determinazione dei feldispati, e più specialmente dei plagioclasì, pubblicate negli ultimi anni del secolo passato ed all'inizio di quello presente. Quando si pensi alla grande diffusione di questi minerali come costituenti principali di rocce, ed al significato che essi assumono per la classificazione, si comprende l'importanza della loro esatta determinazione; ed i diagrammi che accompagnano i lavori del Michel Lévy, se non consentono l'approssimazione che la graduazione loro fa supporre, e che l'autore riteneva possibile, permettono, in ogni modo, nel massimo numero dei casi, di conoscere la composizione dei feldispati in istudio con una precisione più che sufficiente per gli scopi usuali.

Come per il gruppo dei plagioclasì, anche per altre serie di minerali si è cercato di indagare le variazioni delle proprietà ottiche in funzione della composizione chimica, cioè a seconda della proporzione dei vari componenti che entrano a far parte dei singoli termini delle serie stesse. In apparenza il problema era più complesso per il caso dei

plagioclasì, triclini, che non per altri minerali di simmetria maggiore; in realtà invece, probabilmente per il fatto che i plagioclasì sono formati in grande prevalenza almeno, da miscele di due termini, mentre nel maggior numero degli altri casi si ha a che fare con mescolanze di tre o più componenti, i risultati raggiunti sono molto meno compiuti e sicuri, per la massima parte delle serie, di quel che non siano per i plagioclasì. Per i quali, oltre ai lavori già ricordati, del Michel Lévy, si hanno anche pregevoli ricerche di altri mineralogisti, specialmente del Becke; di recente poi il Chudoba (1932) ha riunito, in un volumetto, che ha avuto un meritato buon successo, i dati principali, e la descrizione dei metodi più acconci per arrivare alla esatta conoscenza dei feldispatici nelle sezioni sottili delle rocce.

Pure per lo studio dei feldispatici, era stato immaginato in origine, dal Fedorow, il metodo oggi chiamato invece universale.

Con uno strumento apposito, la piattaforma detta appunto del Fedorow, che si sovrappone a quella ordinaria del microscopio, o che, in alcuni modelli, addirittura la sostituisce, una sezione qualunque di un minerale, compresa in un preparato microscopico, può esser fatta rotare, di angoli misurabili, attorno a quattro assi, portata successivamente in diverse posizioni. In tal modo è possibile stabilire l'orientazione delle sezioni principali dell'indicatrice ottica rispetto a direzioni cristallografiche note, determinare, in modo diretto ed indirettamente, il valore dell'angolo vero degli assi ottici, conoscere le leggi di geminazione, e così via; si capisce facilmente di quale ausilio possa essere questo metodo di ricerca per la conoscenza dei minerali delle rocce.

Peraltro la sua portata pratica è stata, da molti, sopravvalutata; esso non offre difficoltà molto notevoli, tutt'altro, ma certo è di uso un po' laborioso; l'esattezza dei risultati che fornisce non è davvero eccessiva nè, in molti casi,

maggiore di quella che si ottiene con procedimenti più spicci. Sarebbe poi comunque da vedere se sia utile, specie per i plagioclasti, determinare con tutta esattezza la composizione di uno o, in ogni modo, di pochi individui presenti in una roccia, quando si sa che la composizione stessa varia, entro limiti assai ampi, nei cristalli di una medesima sezione, anzi in uno stesso cristallo.

Naturalmente non bisogna fraintendere quanto ho detto: il metodo, che è stato ampliato da diversi ricercatori, fra cui son da ricordare il Nikitin, il Berek, il Reinhard, il Ritmann, e del quale è stato dato un modo di applicazione assai semplice dal Bonatti, ha indubbiamente un grandissimo valore e, in certi casi, può rendere utilissimi servizi; soltanto, secondo me, esso deve essere usato con parsimonia, e quando sia consigliato dalle particolari circostanze: così, per esempio, se gli altri metodi, per una qualsiasi ragione non conducono a risultati sicuri, o quando si tratti di determinare leggi di geminazioni diverse dalle consuete, e via dicendo. Bisogna pensare che il tempo richiesto dalla determinazione completa di un solo individuo, con la piattaforma del Fedorow, è di solito sufficiente per lo studio, più che sommario, di una intera sezione di roccia e che spendere il tempo in ricerche superflue si risolve, in ultima analisi, in un danno.

Oltre all'uso della piattaforma del Fedorow, che, come vedremo, in questi ultimi anni, ha trovato applicazione anche nelle ricerche di petrografia strutturale, altri perfezionamenti tecnici sono stati portati ai metodi di studio petrografici, ma più che altro si tratta di modificazioni particolari che, se rendono più esatto e più spedito il lavoro, non lo mutano sostanzialmente. Di recente, specie fuori d'Italia, si è sviluppato notevolmente l'uso della piattaforma integratrice, apparecchio che permette di determinare la superficie occupata, in una data sezione sottile, dai singoli minerali; i dati ottenuti consentono di passare dalle due alle tre dimensioni, e di avere così una

rappresentazione quantitativa della composizione mineralogica della roccia in istudio. Però i risultati son da considerare, salvo casi eccezionalmente favorevoli, solo di approssimazione grossolana. Si deve infine ricordare che oltre ai metodi del Delesse, del Rosiwal e di altri, diretti sempre a conoscere la composizione mineralogica quantitativa delle rocce, ed anteriori a quello della piattaforma integrativa, uno, più semplice, più rapido e probabilmente altrettanto esatto, fondato sull'uso del planimetro, è stato proposto nel 1908 dal Vinassa de Regny.

Perfezionamenti notevoli sono stati introdotti nei metodi di analisi chimica delle rocce, e si continuano ad introdurre tutt'ora, anche qui però, in generale, senza modificazioni sostanziali.

A proposito della analisi delle rocce, è forse opportuno fare una osservazione: un tempo era uso di dare i risultati percentuali con tre cifre decimali; oggi se ne danno due, ma è giusto questo, o non sarebbe più opportuno e, soprattutto, più sicuro, darne una sola?

Chi ha fatto analisi di rocce sa benissimo che, per la massima parte delle determinazioni, l'esattezza non va, nei casi più favorevoli, oltre un'unità della prima cifra decimale e, per alcune, come quelle, in generale, degli ossidi del terzo gruppo, ed in particolare dello stato di ossidazione del ferro è certo più bassa. Questo non dipende, altro che in minima parte, dalla maggior o minor abilità dell'analista, ma da cause d'errore non evitabili con sicurezza, ed inerenti ai metodi stessi. D'altro lato chi abbia lavorato in questo campo, è certo che due analisi eseguite con cura e con scrupolo, da una stessa persona, e con gli stessi procedimenti, su due porzioni di polvere tratte da una medesima roccia, danno in generale differenze confrontabili con quelle suddette, ed anche maggiori.

In tali condizioni, che valore ha la seconda decimale ?

Da qualche tempo, sull'esempio di scienziati stranieri, si dà anche da noi una certa importanza alla ricerca,

nell'analisi delle rocce, di elementi piuttosto rari, e che vi si trovano in proporzioni minime; non è il caso, naturalmente, di attribuire un valore eccessivo ai numeri riportati, che, nonostante le cure usate e la sensibilità dei metodi, rappresentano soltanto una indicazione di ordine di grandezza; d'altra parte di tali determinazioni non si tiene conto, e sarebbe difficile farlo, nel calcolo delle formule e nella rappresentazione in diagrammi. Si afferma peraltro, da alcuni, che la presenza o la mancanza di questi elementi può dare indicazioni per stabilire l'analogia o la diversità dei magmi; affermazione nella quale potrà certo essere una parte di vero, ma che, allo stato attuale delle nostre conoscenze, non appare sufficientemente fondata. Di modo che rimane il dubbio se le lunghe liste di elementi, che spesso si vedono nelle analisi chimiche petrografiche, rappresentino molto più di uno sfoggio di virtuosità.

In uno dei capitoli precedenti, ho accennato ai metodi di calcolo e di rappresentazione delle analisi delle rocce; a quelli già ricordati sarebbero da aggiungerne diversi altri, apparsi nel periodo di tempo del quale ora ci occupiamo, ma sarà sufficiente trattenerci brevemente su due, più noti e generalmente poco usati.

Uno di tali metodi, è stato escogitato da quattro valenti petrografi americani, per porlo a fondamento di una loro classificazione chimica delle rocce eruttive. La classificazione ha avuto un successo meno che mediocre, specie fuori del suo paese di origine; a questo ha forse anche contribuito la infelicissima scelta della nomenclatura, eteroclita e cacofonica, nomenclatura che difficilmente avrebbe potuto trovare favore ed accoglienza nei paesi latini, nei quali l'orecchio, per quanto molto guastato dalla terminologia scientifica, scelta spesso con tanto cattivo gusto, rifiuta certa bruttura. Altra ragione che ha contribuito allo scarso successo della classificazione americana è, probabilmente, la sua meccanica rigidità, che non si combina af-

fatto con le variazioni lente, con i passaggi gradualmente che si verificano fra roccia e roccia, e che perciò divide troppo bruscamente ciò che la natura ha unito.

La classificazione, come ho detto, riposa su di un metodo di calcolare le analisi il quale, se ha dei fondamentali e gravi difetti, si presta però, molto con discernimento, ad utili confronti ed a buone deduzioni. Dai dati analitici, o, per dir meglio, dai rapporti molecolari dedotti dai dati stessi, si calcolano, con un procedimento rigidamente fissato, i percento in peso di certi minerali, diciamo così, tipo, e si ottiene una composizione mineralogica che gli italiani, traducendo pedissequamente le parole, in ogni modo di pessima scelta, usate dagli autori, chiamano « norma », e che, più propriamente, potrebbe essere detta « composizione virtuale ».

Se si confronta questa composizione virtuale con quella vera (detta dai nostri, barbaramente, « modo » !), si osservano di solito delle differenze sostanziali, come, per esempio, la presenza di quarzo o di olivina in rocce che non ne contengono neppure una traccia, e così via.

Questa arbitrarietà, malgrado tutto quello che è stato scritto per spiegarla e giustificarla, è un difetto notevolissimo del modo di calcolo americano; al quale difetto va aggiunto quello, connesso col primo e, in parte sua cagione, della soggettività nella scelta dei « minerali tipo ».

Nonostante tutto ciò, il metodo, ripeto, può essere talora utilmente usato; esso ha peraltro una notevole tendenza ad esagerare le differenze ed a nascondere le analogie, tendenza della quale conviene tener stretto conto, se non si vuole giungere a risultati erronei.

Di recente, questo modo di calcolare le analisi è stato preso a fondamento, dal Lacroix, per una sua classificazione chimica delle rocce eruttive che, se non ha tutti i difetti di quella americana, risente peraltro di quelli del

metodo di calcolo che mostra, si potrebbe dire, una eccessiva sensibilità in certi versi.

L'altro metodo di calcolare le analisi delle rocce, al quale ho alluso prima, è stato introdotto dal Niggli e, in un certo senso, si avvicina a quelli dell'Osann e del Becke, evitandone peraltro alcuni difetti. Partendo, al solito dai rapporti molecolari, vengono stabiliti quattro valori fondamentali, in cui sono raggruppati gli elementi basici, mentre altri valori si riferiscono alla silice, all'anidride titanica e così via; sono calcolati anche alcuni rapporti caratteristici.

I risultati del calcolo secondo il metodo del Niggli si possono rappresentare graficamente in vari modi, e principalmente riportando i quattro valori fondamentali in un diagramma tetraedrico, oppure prendendo, in un sistema di assi cartesiani, per ascisse il valore relativo alla silice, e come ordinate gli altri; questo secondo sistema si presta molto bene a metter in luce le variazioni dei caratteri chimici di un dato gruppo di rocce.

Rispetto ad altri procedimenti di calcolo, specie in confronto con quello americano, il metodo del Niggli offre dei vantaggi molto notevoli: esso è puramente chimico, e non si fonda sopra presupposti mineralogici più o meno arbitrari, ma, viceversa permette utilissime deduzioni mineralogiche; inoltre si può applicare tanto alle analisi di rocce magmatiche, quanto a quelle di rocce sedimentarie o metamorfiche. Per queste ultime, in alcuni casi, esso è di notevole aiuto per stabilire se una certa roccia appartiene alla serie orto od a quella para, giacchè i punti rappresentativi delle rocce sedimentarie e di quelle magmatiche cadono, in generale, in campi diversi.

Conviene finalmente accennare ad un fenomeno che si può dire peculiare del periodo del quale ora ci occupiamo: la complicazione della nomenclatura delle rocce.

E' noto a tutti che, sia la nomenclatura mineralogica, sia quella petrografica, sono quanto mai infelici: la prima,

per la etimologia, si può dire addirittura anarchica; sola regola seguita da tutti, o quasi, per l'autorità di colui che l'ha stabilita, il Dana, è quella di far terminare in *ite* o *lite* i nuovi nomi, e talora purtroppo anche quelli vecchi; regola il cui fondamento è discutibilissimo, e che non ha neppure la giustificazione di far distinguere a prima vista i nomi dei minerali da quelli di altri oggetti o di altre cose, la stessa desinenza essendo usata, per esempio, dai medici per indicare certe specie di malattie.

Dei nomi delle rocce, alcuni sono di origine antica o, per lo meno, vecchia, ed il significato loro, preciso, o no, è noto a tutti quelli che si occupano di litologia; ma c'è poi una caterva di nomi nuovi e novissimi, che molti petrografi (fortunatamente gli italiani son quasi immuni da questo mal vezzo) versano a getto continuo, sull'esempio di qualche scienziato di valore, nomi dedotti, con la solita terminazione in *ite*, da quelli dei luoghi nei quali i campioni sono stati raccolti.

Tali nomi, per lo più inutilissimi, e perciò dannosi, non dicono assolutamente nulla della natura e della composizione mineralogica o chimica dei pezzi ai quali sono stati appiccicati.

Questa stessa pecca hanno, in generale, anche i nomi dei minerali, ma essi sono fortunatamente in numero relativamente piccolo; e la creazione di nuove specie mineralogiche, benchè non vi siano regole fisse e sicure che la limitino, è circoscritta, per sua stessa natura, entro confini assai ristretti. Per le rocce invece, data l'assenza assoluta di delimitazioni fra i singoli tipi, riuniti quasi sempre da termini di passaggio estremamente vari e numerosi, data l'impossibilità di una definizione del concetto di specie litologica, concetto anzi, per così dire, antitetico con quello di roccia, si capisce come l'arbitrio possa divenir regola.

Ed è proprio quel che è accaduto negli ultimi decenni; sull'esempio, ripeto, di qualche illustre scienziato, molti

si son creduti in diritto di battezzare con un nuovo nome, scelto col balordo criterio anzidetto, ogni campione che per poco si discostasse dal consueto. Ne è derivata una confusione nella quale è ben difficile raccapezzar dal sacco le corde; se non ci si pone riparo accadrà, e non si può escludere davvero che sia già accaduto, che ad una stessa roccia, rinvenuta in luoghi diversi, siano attribuiti nomi differenti, con quale bel vantaggio non è chi non veda.

I nuovi nomi, ripeto, nel massimo numero dei casi risultano inutili; quasi sempre essi sono dati a modificazioni locali, anche accidentali, che non hanno nessuna importanza dal lato generale. In ogni modo poi, tranne eccezioni assai rare, nelle quali l'introduzione di un nome nuovo può esser giustificato, sarebbe tanto semplice indicare la varietà con il nome della roccia tipica alla quale essa si avvicina, accompagnato da una o più parole per indicarne le peculiarità; di fronte allo svantaggio, se tale si può considerare, di aver indicazioni formate da più parole, starebbe il vantaggio grandissimo di una chiarezza incomparabilmente maggiore.

Argomento strettamente connesso con quelli della nomenclatura delle rocce, e dei metodi per calcolarne e rappresentarne graficamente la composizione chimica, è quello della classificazione.

Nelle grandi linee, una suddivisione delle rocce a seconda della loro origine sta, da tempo, a fondamento degli studi litologici, ed è concordemente ammessa dai più, se non da tutti addirittura.

Per la classe delle rocce sedimentarie, la prima suddivisione ulteriore è fatta generalmente ancora con criterio genetico, e poi con fondamento chimico-mineralogico; per gli scisti cristallini, non essendo interamente e chiaramente delimitati i processi genetici, e risultando spesso di applicazione incerta o, per lo meno, soggettiva, il criterio che li distingue in ortoscisti e parascisti, molti si attengo-

no ancora ad una classificazione empirica ed antiquata, che si fonda principalmente sulla composizione mineralogica.

Dove invece i petrografi si sono sbizzarriti, si è nella classificazione delle rocce eruttive; anche qui, per una prima grande suddivisione, tutti, o quasi, son concordi nel tenere distinti i prodotti del vulcanismo superficiale (rocce effusive, o vulcaniche in senso stretto) da quelli delle consolidazioni intratelluriche (come intrusive, o plutoniche, od abissali); un terzo ordine di rocce, di tipo intermedio fra i due suddetti, e stabilito dal Rosenbusch, quello delle rocce filoniane, non è stato invece accolto da tutti.

Per le suddivisioni successive, lo stesso autore, e dopo di lui la maggior parte degli studiosi, hanno preso per criterio tassonomico la composizione mineralogico-chimica, senza seguire peraltro un rigido criterio quantitativo. Questo, da un lato, si può ritenere un difetto della classificazione, perchè lascia incerti i limiti fra le diverse famiglie, ma quando si considerino bene le cose, si vede che l'esistenza di un certo margine, dato che gli oggetti da classificare sfumano spesso l'uno nell'altro, è una vera necessità.

Molti tentativi sono stati fatti per istabilire delle classificazioni fondate sulla composizione chimica, tentativi che hanno dato origine ai metodi di calcolo dei quali già ho parlato. Ed incidentalmente ho allora anche accennato alla classificazione americana ed a quella del Lacroix; non credo metta conto ricordarne altre; tranne quella sviluppata dal Niggli, nella sua opera « *Gesteins - und Mineralprovinzen* » che è forse la migliore di tutte, anche perchè fondata sopra un modo di calcolare le analisi che evita la maggior parte dei difetti insiti negli altri.

Di recente, in seguito alla diffusione dell'uso della piattaforma integratrice, al quale già ho accennato, sono state proposte, da varie parti, delle classificazioni mineralogiche quantitative; l'ultima di queste, fondata su quella del Niggli e sopra una rappresentazione grafica già usata

dal Johannsen, è dovuta all'Andreatta. Però tali classificazioni hanno un difetto fondamentale, che anche a prescindere da altre gravi manchevolezze ne limiterebbe notevolmente l'uso: quello di essere applicabili solo a un numero ristretto di rocce, le intrusive, per le quali è possibile, e non sempre, una determinazione quantitativa (spesso più illusoria che reale) della composizione mineralogica. Per tali ragioni, e per isbarazzare il terreno dalle troppe cose inutili, sarebbe forse opportuno mettere queste classificazioni nel dimenticatoio.

I vari perfezionamenti dei metodi di studio, ai quali ho brevemente accennato nelle pagine precedenti, hanno trovato in Italia più o meno pronta applicazione; meno pronte quelli richiedenti l'uso di apparecchi costosi che, in generale, le scarse dotazioni dei nostri laboratori non hanno permesso di acquistare subito.

Alcuni metodi sono stati perfezionati, ed hanno acquistato un maggior campo di applicazione, per opera di studiosi italiani, e così, per citar solo alcuni pochi esempi, il Riva ha stabilito una serie di liquidi di uso facile e comodo per la determinazione degli indici di rifrazione con il metodo del Becke, ne ha determinato il coefficiente di variazione della temperatura, ed ha chiarito il limite di approssimazione; dello stesso argomento si è occupato anche il Panichi, indicando un nuovo dispositivo per la determinazione degli indici; il Clerici ha trovato un liquido di elevatissimo peso specifico, straordinariamente utile per la separazione di minerali e per la determinazione della loro densità, ed oggi di uso addirittura universale; il Perrier ha escogitato nuove applicazioni della piattaforma del Fedorow; e così via.

Ma più che alla parte metodica, l'attività dei ricercatori italiani si è rivolta alla illustrazione di rocce indigene, ed ha condotto perciò ad un notevolissimo accrescimento della conoscenza litologica dell'Italia; si è proseguito ed

intensificato così l'indirizzo che, si può dire, dai suoi primi passi, aveva preso la nostra litologia.

Non è davvero da ritenere che oggi l'Italia, dal lato litologico, sia interamente nota, tutt'altro: ci sono regioni, come la Calabria e la Sicilia, che pur dovrebbero presentare un notevolissimo interesse, sulle quali le nostre conoscenze sono particolarmente scarse; in altri casi, le notizie che si hanno sono ormai di vecchia data, e richiederebbero un aggiornamento; nell'insieme però, e considerata anche la grande complessità e varietà della struttura geologica del nostro paese, che richiede ricerche minute e particolareggiate, il lavoro già fatto si può ritenere soddisfacente, e le ricerche in via di esecuzione bene avviate.

Il numero di lavori pubblicati nel periodo che ora ci interessa è molto grande: non è opportuno, giacchè esorbiterebbe dalla natura di questo studio, ricordarli partitamente, e dovrò contentarmi di alcuni pochi cenni generali.

La litologia del Piemonte è stata studiata principalmente dalla scuola torinese: ai nomi già ricordati in precedenza, se ne debbono ora aggiungere alcuni altri, come quelli dello Zambonini, del Millosevich, e più di recente, del Fenoglio, del Rondolino, del Sanero; anche il Grill si è occupato di rocce delle Alpi piemontesi, e così il Lincio ed altri.

Le rocce delle Alpi e prealpi lombarde hanno richiamata l'attenzione dei mineralogisti delle scuole di Pavia e di Milano; in modo particolare, e più ampiamente degli altri, se ne è occupato il Repossi.

Su rocce del Veneto si hanno lavori dell'Artini, del Billows, del Maddalena, dell'Azzini e, in questi ultimi anni, del Bianchi e dei suoi allievi.

L'Appennino ligure, emiliano e toscano, formato in grande prevalenza da sedimenti, non ha dato luogo a ricerche numerose, anche perchè lo studio delle rocce sedimentarie è, in generale, poco praticato fra di noi; si hanno

peraltro lavori del Franchi, del Perrier, del Gallitelli, del Bonatti e di altri.

La Toscana, sia perchè in realtà si presta come poche altre regioni italiane ad interessanti ricerche di litologia, sia per il grande impulso che a tali ricerche ha dato, fin dal loro inizio, Antonio D'Achiardi, è forse la parte d'Italia più studiata sotto questo aspetto; di litologia toscana si sono occupati, fra gli altri, G. D'Achiardi, il Millosevich, il Manasse, il Panichi, il Martelli, l'Ugolini, l'Onetti, il Bonatti, il Rossoni, il Rodolico, il Fenoglio e lo scrivente.

Sulle rocce vulcaniche dell'Italia centrale, oltre a studi singoli del Millosevich, dello Scherillo, del Rodolico e di altri, sono state pubblicate due grosse monografie dal Sabatini.

Della zona vulcanica di Roccamonfina si è ampiamente occupato il Panichi; dei Flegrei, con lavori che in parte rimontano al periodo precedente quello che ora ci interessa, il Manasse, il Riva, il De Lorenzo, lo Zambonini, il Carobbi; il De Lorenzo ha pubblicato anche una monografia geologico-petrografica sul Vulture.

Su rocce calabresi, come ho già accennato, poco è stato fatto; alcuni basalti della Sicilia sono stati descritti dal Bucca e dal Rosati, e le rocce dell'Etna dal Di Franco.

Per la Sardegna gli studi petrografici sono assai numerosi; già ho ricordato la monografia del Riva sulle rocce filoniane dell'isola; si hanno poi lavori del Millosevich, del Serra, del Minucci, del Perrier, del Cavinato e di altri.

Sono da ricordare, finalmente, alcuni lavori su isole vulcaniche, come quello del Martelli su l'Ustica.

Ma i petrografi italiani non si sono limitati allo studio di rocce della madrepatria; assai numerosi sono anche i loro lavori su materiali di provenienza estera, sia pure, in prevalenza di nostre colonie.

Così sull'arcipelago del Dodecaneso si hanno ricerche

del Millosevich, del Martelli e del Bianchi; sulle rocce della Libia, dopo una prima nota del Manasse, sono stati pubblicati altri studi dall'Artini, e poi dal Gallitelli e dal Franchetti; più notevoli sono i contributi di litologia eritrea: dopo quelli, già ricordati, del Bucca e del Sabatini, se ne hanno altri di G. D'Achiardi, del Roccati, dello scrivente e, soprattutto, del Manasse, il quale ha pubblicato una monografia sul materiale raccolto dal Dainelli e dal Marinelli, monografia fondamentale per la conoscenza della Colonia.

A rocce dancale si riferiscono alcuni studi dell'Artini, della De Angelis e del Comucci, il quale ultimo, prima della conquista dell'Impero, si era occupato anche di rocce abissine.

Dalla Somalia provengono, in parte, i campioni raccolti dalle spedizioni Stefanini e S.I.R.M.I.S., studiati dal Manasse e dallo scrivente.

Come studi di rocce estere, non provenienti dalle nostre colonie, sono da citare, quelli del Millosevich su rocce della Terra del Fuoco, dello Spezia, del Novarese, del Piolti, del Roccati e del Repossì sui materiali raccolti, nelle sue varie spedizioni, da S. A. R. il Duca degli Abruzzi; le ricerche dell'Ugolini, su rocce dell'alto Egitto, del Comucci su quelle dell'Arabia, e, finalmente, le monografie dello scrivente e del Comucci sulle rocce del Karakorum, raccolte dalla spedizione De Filippi e da quelle Dainelli.

Finalmente è da ricordare che, in questo periodo ancora, di studi psammografici, specialmente su materiali delle nostre colonie, si è occupato principalmente l'Artini. Alcune sabbie, sia di litorali italiani, sia di fondi marini, sono state studiate dal Chelussi.

Un campo di ricerche che, sotto un certo aspetto, si può considerare intermedio fra quelli della mineralogia in senso stretto, e della petrografia, si interessa dello studio delle meteoriti, dei frammenti, cioè metallici o litoidi,

che dagli spazi celesti vengono a cadere sulla superficie della terra.

Ricerche di grandissimo interesse, perchè permettono di cogliere notevoli analogie fra questi prodotti extratellurici e quelli terrestri, e perchè danno indizi di molto valore per le indagini sopra la costituzione della parte interna del nostro pianeta.

Ad un italiano, l'abate Ambrogio Soldani, è dovuta una delle prime descrizioni accurate e documentate della caduta di meteoriti, da lui pubblicata nel 1794, con il titolo « *Sopra una pioggia di sassi accaduta nella sera del 16 giugno del MDCCXCIV in Lucignano d'Asso nel Senese* ».

E si può anche ricordare che una tra le prime analisi complete di meteoriti (si trattava di una meteorite in grande prevalenza litoide, quella caduta a Ceresolo presso Casale Monferrato il 17 luglio 1840) fu eseguita e pubblicata, nello stesso anno 1840 dal Lavini.

Nè, finalmente, si può tacere che la teoria, generalmente accettata, che spiega la caduta sulla terra delle meteoriti, è stata data dallo Schiaparelli.

Descrizioni particolari di meteoriti singole son dovute ad Artini e Melzi (meteorite di Tghno, presso Brava, in Somalia), al Rosati (meteorite di Vigarano Pieve, presso Ferrara), al Millosevich (ferro meteorico di Uegit, in Somalia); quest'ultimo autore ha pubblicato anche un catalogo ragionato della ricchissima raccolta di meteoriti del museo mineralogico universitario di Roma, raccolta che comprende circa duecento provenienze diverse.

Di fronte all'abbondante produzione straniera di trattati di litologia, quella italiana è molto scarsa; per il periodo precedente a quello del quale io mi occupo, ho ricordato l'ottima « *Guida* » di A. D'Achiardi; per il periodo attuale, si ha un solo trattato generale, « *Le rocce* », dell'Artini, trattato di mole relativamente modesta, ma che contiene

tutto quello che è indispensabile per una conoscenza più che superficiale della materia. Non si tratta, naturalmente, di un libro, come si suol dire, di consultazione, nè è stato proposito dell'autore di dare tale indirizzo all'opera sua; i vari argomenti, però, son trattati con sufficiente ampiezza, perfetto è l'equilibrio tra le varie parti, di chiarezza cristallina l'esposizione, cosicchè il volume si può considerare come un vero modello. Una seconda edizione, con opportuni aggiornamenti, è stata curata da un allievo dell'Artini, il Repossi.

D'indole interamente diversa è un libro dello scrivente, su « *I minerali delle rocce e la loro determinazione per mezzo del microscopio* »; questo libro vuol essere una guida pratica per lo studio dei minerali d'interesse petrografico.

E' dubbio, come risulta anche da quanto ho detto prima, se si possa parlare di una petrografia con indirizzo, diciamo così, solamente petrografico, e di una petrografia con indirizzo geologico. Per la natura stessa degli oggetti studiati, le rocce, che sono i documenti sui quali è fondata la storia della terra, ogni descrizione di roccia, anche se fatta senza particolare intendimento geologico, potrà sempre servire al geologo; come lo studio e la illustrazione dei documenti del passato servono allo storico per le sue sintesi.

In ogni modo, se nei primi tempi della petrografia, la descrizione era talvolta fine a se stessa, questo tipo di lavori è andato sempre e progressivamente perdendo terreno, e da molti anni gli studiosi italiani corredano le loro ricerche con le notizie sulle condizioni di giacitura, con lo studio delle correlazioni fra le diverse rocce, e così via, di modo che le ricerche medesime acquistano sempre più carattere litologico, nel senso a suo tempo stabilito.

Non è il caso di portare esempi a conferma di quanto ho detto; posso solo ricordare che lo studioso italiano nel quale più, e meglio, si sono fuse le due qualità, del petro-

grafo esatto ed obiettivo, e del geologo, è stato forse Emilio Repositi.

Ho detto, a ragion veduta, del petrografo esatto ed obiettivo, perchè non si deve dimenticare che in un lavoro litologico, il primo e fondamentale requisito deve essere la compiuta, esatta, e chiara descrizione delle rocce, e dei caratteri dei loro costituenti. Sembra farsi strada oggi la tendenza a sorvolare sopra questi punti fondamentali; si leggono lavori, sia pure talvolta per altri lati pregevoli, nei quali la parte descrittiva è soverchiamente trascurata; ad un petrografo provetto, e di sicura esperienza, può anche esser consentito di non esporre i dati che hanno servito alla diagnosi dei singoli minerali, ma quale fiducia possono ispirare le diagnosi stesse se, come purtroppo talora avviene, i pochi caratteri riportati, spesso a modo di quasi superflua esemplificazione, non sempre quadrano bene ?

La struttura delle rocce, sia che a questa parola venga dato un senso ristretto, sia che invece, con significato più esteso, si comprenda sotto tal nome tanto la struttura vera e propria, quanto la tessitura, ha sempre attirato l'attenzione dei litologi, perchè sempre è risultato chiaro come lo studio suo, per le rocce eruttive, per quelle sedimentarie e, forse più, per gli scisti cristallini, fosse fecondo di interessantissime deduzioni.

Da alcuni anni, peraltro, principalmente per opera dello Schmidt e del Sander, i quali hanno posto alle loro concezioni un fondamento fisico, ed hanno creato dei metodi di ricerca particolari, lo studio delle strutture, specie per le rocce metamorfiche, ha avuto un nuovo e vigoroso impulso. Da noi questa via è stata seguita più che altro dalla scuola di Padova, in particolare dall'Andreatta.

Il metodo di studio è essenzialmente statistico: si tratta di stabilire, nelle sezioni delle rocce, possibilmente orientate rispetto a sezioni stabilite, la disposizione dei granuli di un minerale, ciò che si fa determinando, per mez-

zo della piattaforma del Fedorow, la posizione di elementi ottici o cristallografici in un grande numero di granuli del minerale stesso. I dati, così ottenuti, vengono riuniti in una proiezione particolare, dalle quale si ottengono le curve di densità relativa di punti, che costituiscono il cosiddetto diagramma strutturale.

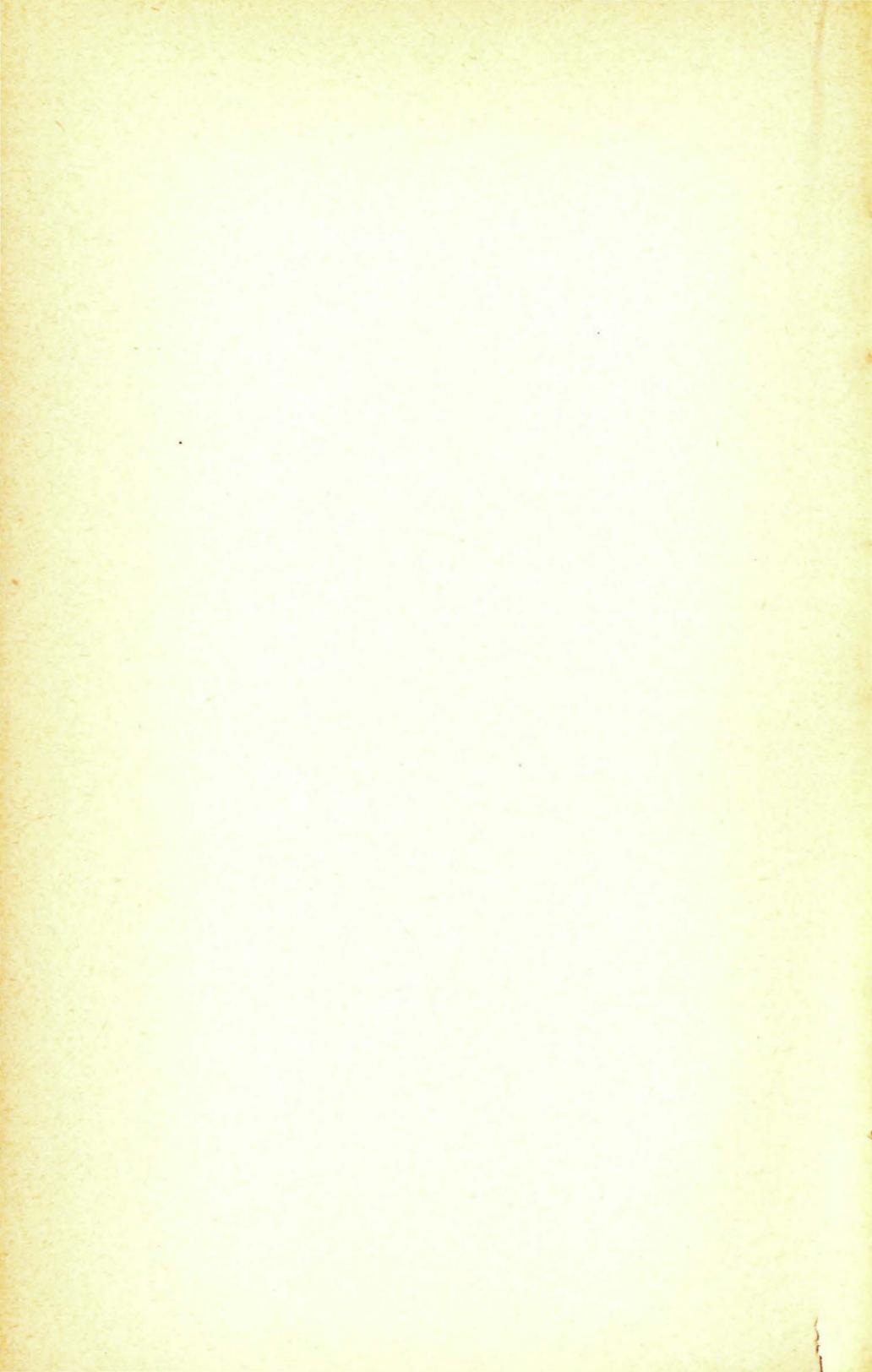
Questi diagrammi possono rivelare, più o meno chiaramente, una distribuzione particolare dei granuli, la « distribuzione regolata » (la proprietà di questa espressione non è forse assoluta); da essa, e dalla osservazione di altre numerose particolarità strutturali, si possono trarre conclusioni interessanti sulle varie e successive vicende cui è stata sottoposta la roccia nella sua storia geologica.

Anche se qualche volta, di fronte a talune affermazioni troppo categoriche, si possa rimanere un po' scettici, e si abbia la legittima impressione di trovarsi davanti, anzichè ad una storia genuina, ad un romanzo più o meno storico, è certo che gli studi di petrografia strutturale, giustamente intesi e prudentemente applicati, possono contribuire molto a chiarire i complessi fenomeni petrogenetici, cui debbono la loro origine, in particolare, le rocce metamorfiche.

VI.

APPLICAZIONI DELLA MINERALOGIA

MODERNI METODI DI STUDIO DEI GIACIMENTI
METALLIFERI - LE NUOVE APPLICAZIONI



Il Pasteur affermava, come di recente ha ricordato il Severi, che non esistono scienze applicate ma soltanto applicazioni della scienza, e tutto sta a dimostrare che il Pasteur aveva pienamente ragione; non dunque, nel nostro caso speciale, mineralogia applicata ma applicazioni della mineralogia, nè si deve creder questa una futile questione di parole.

Le quali applicazioni sono molto numerose, e talune di fondamentale importanza, come numerose sono le specie minerali e le rocce che vengono ricercate ed usate per iscopi svariati; rientrano perciò in questo capitolo della mineralogia, lo studio delle sostanze minerali utili e dei loro giacimenti.

La nostra scienza, come già più volte s'è visto, ha stretti legami con altre, come la geologia, la chimica, la fisica, nè sempre i campi risultano nettamente limitati; nel caso dei giacimenti minerari, per esempio, lo studio delle loro particolarità e, specialmente, della loro origine, anche per la natura dei metodi d'indagine, viene di solito riservato al mineralogista; quello invece della ricerca sul terreno è più di spettanza del geologo; i procedimenti di lavorazione rientrano nel campo dell'arte mineraria; i trattamenti cui debbono essere sottoposte le sostanze minerali estratte, per poter essere utilizzate, in quello delle varie tecnologie.

Questa repartizione del lavoro, che tende in fondo ad

una migliore utilizzazione della capacità dei singoli studiosi, si manifesta, per esempio, anche a proposito di un altro tipo di applicazioni geomineralogiche di grande importanza, quelle relative alla formazione del terreno agrario; il trasporto e la sistemazione dei materiali, che costituiscono il terreno, sono studiati dal geologo, mentre le complesse trasformazioni cui soggiacciono i detti materiali, in gran parte chiarite dalle moderne teorie chimico-fisiche, sono indagate dai mineralogisti.

Tutte queste ricerche, naturalmente, hanno tratto grande beneficio dal progresso dello studio teorico dei fenomeni; non è possibile parlarne particolarmente, e ci contenteremo di accennare ad uno dei campi più importanti e di maggiore interesse, quello riguardante i giacimenti dei minerali metalliferi.

Per la classificazione dei giacimenti in generale, e di quelli metalliferi in particolare, diversi criteri sono stati usati, come quello della forma, quello delle relazioni con le rocce incassanti, quello della natura dei minerali presenti ed anche, finalmente, quello dell'età.

Con l'andar del tempo si vide che il migliore criterio classificativo era quello genetico; è avvenuto qui ciò che già si era verificato nella litologia, dove dalle prime classificazioni prevalentemente, se non esclusivamente, mineralogiche, si è passati a quelle fondate, almeno per le grandi suddivisioni, sulla origine.

Studiosi italiani hanno contribuito a questa evoluzione, e fra di essi può essere ricordato B. Lotti, al quale si deve un trattato di piccola mole, ma compendioso, dove sono studiati specialmente i giacimenti italiani; anche lo Stella si è interessato di questo argomento, con particolare riguardo ai depositi di ferro del nostro paese.

In questi ultimi anni poi lo studio della genesi dei giacimenti metalliferi ha fatto notevoli progressi, specialmente per opera del Niggli, del Lindgren, dello Schneiderhöhn; si potrebbe ritenere, a priori, che la classifica-

zione genetica dovesse, da questi studi, riuscire sempre più pratica e di più facile applicazione. Invece è avvenuto proprio il contrario, ed era naturale che così avvenisse.

Come osserva lo stesso Schneiderhöhn, la conoscenza precisa dei diversi possibili modi di formazione, e quella delle condizioni particolari in cui si è formato un dato giacimento, non permettono spesso di incasellare, per così dire, il giacimento medesimo in un sistema preordinato. E questo perchè, in molti giacimenti, parecchi processi fisico-chimici hanno agito successivamente, ed i loro prodotti si trovano attualmente insieme nello stesso luogo. Anche a prescindere dalla difficoltà di riconoscere i singoli prodotti dei vari processi, e la loro successione nel tempo, difficoltà che i moderni metodi di indagine permettono in generale di superare, un giacimento di tal tipo non può evidentemente rientrare in nessuna delle suddivisioni del sistema.

Perciò, a rigore, più che di una classificazione dei giacimenti, fatta con criterio genetico, si deve parlare di una suddivisione dei modi di origine. E quando si voglia classificare un giacimento di genesi complessa, o bisogna attenersi al processo principale di formazione, oppure porre il giacimento stesso in più di una suddivisione.

Questo può sembrare un difetto anzi, dal lato pratico, senza dubbio è un difetto del sistema, ma è insito alla natura stessa dei fenomeni. Le classificazioni, per quanto si cerchi di renderle naturali, sono sempre più o meno artificiali; esse rispondono ad una necessità pratica, e sono quindi indispensabili, ma appunto la loro applicazione ne rivela le manchevolezze.

Se questo è vero per tutte le scienze naturali, tanto più ha valore per quella mineralogica, e già lo abbiamo veduto a proposito delle classificazioni delle rocce, per le quali il difetto si manifesta più evidente che non per i minerali in senso stretto.

Classificare, in ultima analisi, vuol dire dividere in

gruppi, e sempre artificiosa riuscirà una tale operazione, quando gli oggetti da dividere passino gradualmente l'uno nell'altro: noi ci sforziamo di classificare delle cose che, in realtà, non sono classificabili.

La stessa suddivisione prima del regno minerale, quella che vorrebbe mettere da una parte i minerali veri e propri, dall'altro le rocce, è innaturale, e tutti sanno infatti quanto poco precisi siano i limiti, e quanto, in casi particolari, sia arbitrario ascrivere certe formazioni all'uno od all'altro tipo.

I grandi ammassi di minerali utilizzati dall'uomo, sieno essi metalliferi o no, benchè, nel loro massimo numero, non si trovino descritti, in nessun trattato di litologia, appartengono certamente alle rocce; è logico quindi, che, almeno nelle grandi linee, si usino, per la loro classificazione, gli stessi criteri che servono per classificare le rocce. E così lo Schneiderhöhn divide i giacimenti o, per dir meglio, i loro processi genetici, in quelli della serie magmatica od eruttiva, della serie sedimentaria e della serie metamorfica.

I processi del primo tipo che son prodotti da una serie di fenomeni regolarmente susseguentisi, ben noti, dal lato teorico, almeno nell'andamento generale, si possono suddividere, a loro volta, sempre con criterio genetico, in modo assai semplice ed esatto. Si deve notare che a questa serie appartengono molti dei più importanti giacimenti metalliferi.

Difficoltà assai maggiori si incontrano per i processi sedimentari; non si ha qui un susseguirsi di fenomeni regolarmente collegati fra di loro, e perciò la classificazione riesce meno evidente e più arbitraria.

Come per le rocce, i processi del metamorfismo si esercitano, in linea generale, su giacimenti già precedentemente formati, per via magmatica o sedimentaria; il metamorfismo agisce quindi, per lo più, solo per modificarli. La difficoltà, peraltro, di districare il complesso dei fenomeni fa sì che, in questo caso, la successiva suddivisione

abbia più un carattere teorico che non corrispondente alla realtà dei fatti. In ogni modo i giacimenti metalliferi di questa origine hanno, nel complesso, importanza minore di quella dei depositi magmatici e sedimentari.

In conclusione oggi classificazioni sodisfacenti, per quanto esse possano esserlo, si hanno per i modi di origine dei giacimenti di minerali utili, e questo, che a prima vista potrebbe sembrare un vantaggio solamente teorico, per quanto molto notevole, si traduce viceversa anche in un utilissimo strumento pratico, perchè è chiaro come la sicura conoscenza del modo col quale un dato giacimento metallifero si è formato, debba influire favorevolmente sull'indirizzo da dare ai lavori di sfruttamento.

Ma come è possibile stabilire con sufficiente sicurezza, almeno nelle linee generali, quale o quali processi abbiano condotto, nei singoli casi, all'accumularsi di notevoli quantità di minerali metalliferi in determinati punti della litosfera ?

Lo studio accurato delle condizioni geologiche di un giacimento, della paragenesi del minerale utile, delle manifestazioni varie che possono aver accompagnato la sua deposizione hanno sempre fornito, e forniscono anche attualmente, indicazioni preziose, se pure spesso non sufficienti alla soluzione compiuta del problema. Oggi però, e si può dire da pochi anni, disponiamo di un nuovo mezzo di studio che, in molti casi, anzi si può dire nella maggioranza dei casi, conduce a risultati molto brillanti.

I minerali metalliferi, salvo un numero relativamente piccolo, rimangono opachi anche se ridotti in sezioni della spessore di pochi centesimi di millimetro, quali son quelle usualmente servono per lo studio delle rocce; non è dunque possibile osservarli per trasparenza.

I metodi che, nel secondo cinquantennio del secolo passato, ed in quello presente, tanto si sono perfezionati ed affinati per lo studio dei minerali a luce trasmessa, falliscono perciò interamente in questo caso; non rimane

altra via possibile, per lo studio ottico dei minerali metalliferi, che quella di osservarli a luce riflessa.

L'osservazione della superficie di minerali opachi, opportunamente spianata, lucidata e, se occorre, attaccata con speciali reattivi, è assai antica; essa è stata diretta principalmente, in un primo tempo, allo studio dei ferri meteorici e poi, più ampiamente, a quello dei metalli e delle leghe metalliche.

Anche per i minerali metalliferi veri e propri, osservazioni isolate sono state intraprese assai presto, forse per la prima volta dal Berzelius, nel 1813 per la pirrotina; ma per tutto il secolo scorso, e per i primi anni di questo si è trattato, ripeto, di osservazioni isolate, per minerali singoli.

Lo studio sistematico di interi giacimenti minerari, usando superfici dei minerali lucidate ed attaccate con reagenti appropriati, è incominciato, in America, nel 1906-07, per opera principalmente di W. Campbell, il quale è considerato generalmente come il fondatore di questo genere di ricerche.

Il primo trattato, del Murdoch, è uscito nel 1916, ed a questo ne sono seguiti, assai presto, numerosi altri, fra i quali, specialmente ampio ed aggiornato, quello recentissimo di Schneiderhöhn e Ramdohr.

Come si deve chiamare questo nuovissimo ramo della scienza mineralogica ?

Intanto, e prima di tutto, bisogna distinguere, e separare, lo studio a luce riflessa dei metalli e delle leghe, spesso detto, ma forse in modo non assolutamente proprio metallografia, da quello dei minerali metallici; distinzione e separazione giustificata dal fatto che gli scopi e, in buona parte, anche i metodi, sono diversi.

Per lo studio dei minerali metallici, gli americani avevano proposto la parola « mineralografia », parola, come giustamente è stato osservato foneticamente orribile (pare che sia una specialità americana, quella di creare termini

laceratori di ben costrutte orecchie) e sostanzialmente inadatta. Altre bruttissime espressioni proposte son quelle « opacografia » e « minerografia ». E' caduto in disuso anche il termine « calcografia », del Brauns, ed oggi viene generalmente adoperato, nei paesi di lingua tedesca, il nome « erzmikroskopie » tradotto in inglese con « ore-microscopy », etimologicamente giusto, e usato per la prima volta, dallo Schneiderhöhn.

In italiano, che io sappia, non esiste l'equivalente delle parole « Erz » ed « ore »; volendo perciò tradurre le ultime espressioni sopra riportate, bisognerebbe usare quella di « microscopia dei minerali metallici ».

Per lo studio a luce riflessa si adopera un apparecchio particolare, l'illuminatore per corpi opachi, il quale consente, per mezzo di uno specchio di Gauss e di un piccolo prisma a riflessione totale, situato subito dietro l'obiettivo, di mandare perpendicolarmente sulla superficie lucidata del minerale, che a sua volta deve esser normale all'asse ottico del microscopio, la luce di una sorgente luminosa, luce che è condotta allo specchio, ed al prisma, da un tubetto laterale, eventualmente munito di un nicol, se le osservazioni debbano esser fatte a luce polarizzata. La superficie riflette perpendicolarmente i raggi, che vengono raccolti dall'obiettivo.

Con dispositivi speciali, e cioè con il microfotometro del Berek o con la fotocella dell'Orcel, possono esser fatte determinazioni quantitative della luce riflessa.

La teoria, molto complicata, dei fenomeni che si verificano nella riflessione è stata sviluppata di recente in particolare dal Berek, e questa teoria ha permesso di perfezionare ancora gli apparecchi, e di stabilire buoni metodi di osservazione e di misura.

La tecnica, in generale, non è molto agevole; già la preparazione della superficie lucida risulta, in certi casi, un po' complessa. L'osservazione poi richiede una grande pratica, specialmente quella, qualitativa, del riflesso e dei

colori, che fornisce il mezzo migliore per il riconoscimento dei minerali metallici; dice, in proposito, lo Schneiderhöhn, che anche lo studioso provetto deve di continuo esercitarsi per poter stimare giustamente il potere di riflessione ed il colore dei minerali che vede al microscopio.

Lo studio delle sezioni sottili delle rocce, come si sa, dà dei criteri sicuri per determinare, caso per caso, l'ordine di successione secondo il quale si sono formati i minerali, non solo, ma fornisce anche tutta una serie di dati, che permettono spesso di ricostruire la storia della roccia in esame, dal primo momento della sua origine; in maniera interamente analoga, l'osservazione a luce riflessa dei campioni tratti da un giacimento metallifero consente di indagarne la genesi con elementi ben fondati.

Ma anche ad altri scopi può servire questo genere di ricerche, che è suscettibile di applicazioni pratiche di grande importanza. Basta pensare, per esempio, che lo studio a luce riflessa rivela il modo col quale sono fra di loro associati diversi minerali, per vedere come si possano avere indicazioni preziose per la loro migliore utilizzazione.

Lo studio a luce riflessa di minerali metalliferi è, come si è veduto, di applicazione assai recente; si capisce pertanto come pochi, fino ad oggi, siano i cultori della mineralogia che, in Italia, si sono dedicati a questo genere di ricerche; si debbono ricordare principalmente i lavori, assai importanti, del Dessau e del Piepoli, e poi del Rodolico e dell'Abbolito.

VII.

CONCLUSIONE

Nel 1911, Ferruccio Zambonini tracciava un ampio quadro sullo sviluppo degli studi di mineralogia in Italia, nel cinquantenario allora concluso. « Il viandante — egli diceva — dallo sguardo rivolto al cammino percorso trae motivo di letizia o di sconforto per l'ulteriore procedere: così noi, dai progressi che la Mineralogia ha fatto in Italia nell'ultimo cinquantennio dobbiamo trarre auspici sull'avvenire prossimo di questa scienza nel nostro paese ».

E gli auspici, in parte, erano fausti: aumentato il numero delle cattedre universitarie di Mineralogia; aumentato di conseguenza, il numero dei cultori di questa scienza; la produzione passata da due o tre scritti, nelle annate più favorevoli, intorno al 1860, ad una media annua di quaranta lavori nell'ultimo decennio.

Ma l'orizzonte non si mostrava in tutto sereno: era necessario, secondo lo Zambonini, un mutamento nell'indirizzo degli studi mineralogici, ancora troppo legati al metodo descrittivo, ma per questo mutamento occorreano mezzi, e le dotazioni risultavano troppo al di sotto delle più modeste necessità. Ed un'altra nube oscurava l'orizzonte, nube purtroppo non mai scomparsa, e della quale discorrerò tra poco.

Come si sono avverate le profezie fatte oltre cinque lustri addietro da questo distintissimo mineralogista nostro ?

Fenomeni storici grandiosi si sono svolti durante il

periodo trascorso fra il primo cinquantennio della proclamazione del Regno ed i tempi attuali: la guerra, la ventata di follia degli anni immediatamente successivi, e poi la rivoluzione fascista; fenomeni tanto grandiosi non potevano non lasciare traccia profonda anche nella produzione scientifica.

Ed infatti si nota un rallentamento di essa in corrispondenza degli anni di guerra e di quelli subito dopo, ed ora una ripresa in seguito all'avvento del fascismo.

Era auspicato, come s'è visto, un cambiamento d'indirizzo, e, più precisamente, si riteneva che le ricerche di mineralogia dovessero avere carattere chimico-fisico. Ma a brevissima distanza dal giorno nel quale lo Zambonini pronunciava il suo discorso, avvenne la scoperta del Laue, ed essa, pur non togliendo valore agli studi chimico-fisici, aprì una via interamente nuova.

Però essa pure venne poco seguita dai nostri mineralogisti; la ragione di questo fatto deve essere in parte ricercata nella circostanza che tali studi richiedono impianti costosi, quali pochi dei nostri istituti di mineralogia si possono permettere, ma non si può negare che anche la natura stessa di tali ricerche è più di indole strettamente fisica che non naturalistica. Si può pertanto concordare col Millosevich, il quale ritiene che sempre più gli studi di strutturistica saranno coltivati dai fisici, piuttosto che dai mineralogisti.

I quali non possono, nè debbono dimenticare che la Mineralogia è una scienza naturale, strettamente collegata con la geologia. « Nel loro sviluppo logico » scrive appunto il Millosevich « le ricerche della mineralogia consistono essenzialmente nel considerare le sostanze cristallizzate, volta a volta, come costruzioni geometriche, poi come edifici la cui struttura è funzione degli atomi costituenti e la cui forma dipende da circostanze esteriori ed infine come materiali della crosta terrestre. A tale scopo mirano le complesse indagini di minerogenesi e di petro-

genesi, guidate sì dalla teoria fisica e chimica, confermate sì dall'esperienza, in quanto possa riprodurre in tutto, o, purtroppo più spesso, solo in parte, le condizioni di formazione della materia naturale inorganica, ma illuminate tutte dalla luce della dottrina geologica ».

Vastissimo è quindi il campo che si offre ai mineralogisti; tutto sta che non manchino i mezzi per coltivarlo, e, soprattutto, che non manchi chi a tal lavoro si voglia dedicare.

I mezzi, purtroppo, restano ancora inadeguati: le dotazioni dei nostri istituti non sono state accresciute in proporzione degli aumentati bisogni. E' forza convenire però che se le dotazioni ordinarie sono in genere insufficienti per le spese ordinarie, di modo che i direttori dei laboratori debbano spesso consentire sacrifici dolorosi, come, per esempio, la rinuncia all'acquisto di opere di costo elevato, per i bisogni, diciamo così, straordinari, con un po' di abilità si può in generale provvedere.

Il problema veramente grave è quello dei... lavoratori.

Le cattedre di mineralogia, in Italia, sono quindici e, per la massima parte, hanno un solo assistente; veramente esigua risulta quindi la schiera di chi si dedica alla ricerca mineralogica.

Ma è poi facile coprire i pochi posti di assistente disponibili, coprirli, intendo, con giovani che diano completo affidamento, per preparazione e, soprattutto per disposizione alla ricerca scientifica ?

E' questo un chiodo, l'annoso problema dell'assistente, sul quale da varie parti si è battuto e si batte senza ottenere purtroppo che sia, non dico risolto, ma neppur preso nella dovuta considerazione; è questa la nube che oscurava l'orizzonte anche nel 1911, ed alla quale, con parole accorate accennava lo Zambonini.

Da quel tempo le condizioni, morali e materiali, degli assistenti, non si possono dire davvero migliorate; essi non sono più neppure impiegati dello Stato: insieme con

i tecnici e con gli inservienti, son passati alle dirette dipendenze delle amministrazioni universitarie !

Un giovane che senta di aver ali per volare, difficilmente si adatterà ad accettare un posto che non gli prometta nessuna sicurezza di carriera, che gli promette anzi, certi, lunghi anni di lavoro e di vita grama, anni che, se pure egli giunga alla meta sospirata, saranno per molti effetti interamente perduti.

Si può veramente ringraziare Dio se, in tali condizioni, la produzione scientifica italiana, dovuta in grande parte appunto ai giovani, si è mantenuta ad un livello discretamente elevato; ma è anche facile prevedere che se a questo stato di cose non viene trovato un rimedio, ed è da credere che il nostro Regime lo trovi, e presto, la mineralogia italiana, nonchè progredire, perderà anche la situazione che faticosamente ha raggiunto.

GEOCHIMICA

(a cura di FEDERICO MILLOSEVICH)

a) GEOCHIMICA IN GENERALE

La geochimica fu definita la scienza del secolo XX. Il suo sviluppo rapido e recente ha fatto sì che essa venisse ad invadere dei campi appartenenti tutti alla Mineralogia e denominati in modo diverso, se pur non distinti da precisi confini. Distinzione certo non facile.

Intesa letteralmente, sarebbe la più complessa delle scienze geologiche e comprenderebbe tutta la Mineralogia, passandone anche i confini, potendo essere considerata come la scienza dei fenomeni di circolazione e di trasformazione della materia nel nostro pianeta. Suoi fini sarebbero la determinazione della composizione chimica della terra (litosfera, idrosfera e atmosfera) e delle leggi che regolano la distribuzione degli elementi nei singoli minerali, nonché lo studio della evoluzione e della circolazione dei medesimi elementi nei processi di trasformazione e di alterazione degli stessi minerali.

Se, invece di generalizzare, si considera la fase attuale del processo storico di sviluppo della mineralogia e la sua suddivisione in vari campi di ricerca si può ritenere la posizione della geochimica assai prossima a quella della petrografia, poichè corrono fra le due molti e complessi rapporti.

L'autonomia della geochimica è stata raggiunta in epoca molto recente. Vi hanno concorso, da un lato, il

movimento della cristallografia verso le ricerche strutturali e l'applicazione di queste all'indagine sull'aggruppamento nello spazio dei componenti la materia cristallina, dall'altro, l'introduzione dei metodi della chimico-fisica nelle ricerche di minerogenesi e petrogenesi. Tutto, in una parola, il perfezionamento dell'attrezzatura sperimentale degli Istituti di mineralogia ha contribuito allo sviluppo di quel gruppo di ricerche e di dottrine, che costituiscono la geochimica propriamente detta.

V. M. Goldschmidt dell'Università di Oslo si può considerare il capo della scuola geochimica recentissima e da lui, o sotto il suo indirizzo, le ricerche si svolgono in quattro campi distinti: geochimica dei minerali e delle rocce magmatiche, geochimica dei sedimenti, geochimica delle rocce metamorfiche e biogeochimica, delle formazioni cioè, in cui intervengono gli organismi. Campi, come si vede, perfettamente rispondenti a quelli nei quali si può suddividere la ricerca petrografica.

Agli albori della geochimica si riferiscono gli studî, più teorici che sperimentali, di minerogenesi e i primi tentativi di minerosintesi, ma le basi ne furono poste dalle prime ricerche quantitative sulla composizione della litosfera, delle meteoriti, della idrosfera e dell'atmosfera. Vi si innestarono anche le ricerche sui materiali radioattivi.

L'armamentario del geochimico è quello del mineralogista, con l'aggiunta di qualche strumento per l'impiego di metodi fisici di analisi, come spettrografie röntgenografiche e analisi spettrali a mezzo di spettri di fiamma, di scintilla, di arco. Colle spettrografie röntgenografiche si determinano concentrazioni sul 0,01%, con quelle ottiche concentrazioni anche minori. Per tali concentrazioni si accoppiano talvolta metodi chimici di arricchimento microdocimastico con le analisi spettrali quantitative.

I progressi recenti e recentissimi della geochimica sono assai notevoli. Si è raggiunta una classificazione geo-

chimica degli elementi a seconda delle loro concentrazioni iniziali nel nucleo ferro-nichelifero, nella zona dei solfuri, nella scoria silicata o nella atmosfera e una determinazione quantitativa media di ciascuno, anche dei più rari. Lo studio della cristallizzazione frazionata dei magmi silicati, esteso a tutti gli elementi, ha potuto condurre a stabilire principi di importanza fondamentale per la minerogenesi quali:

la inseparabilità nei processi di cristallizzazione frazionata di elementi di valenza uguale e con raggi ionici assai prossimi ed il conseguente mascheramento (camouflage) dell'elemento più raro in quello più abbondante, nonché le successive concentrazioni del più raro nelle cristallizzazioni residue e nelle acque madri, (esempi: Gallio e Alluminio, Hafnio e Zirconio, Germanio e Silicio); la possibilità di siffatto mascheramento anche se la valenza dei due elementi non è la medesima, purchè i raggi ionici corrispondano e solo nel caso che l'elemento raro abbia valenza e carica elettrica maggiore, (esempio: Scandio e Magnesio). Tale sostituzione determina l'aumento dell'energia reticolare, dal che vengono chiariti anche alcuni casi di sostituzione isomorfe fra elementi comuni, come Na e Ca nei feldspati. Anche in questi casi la geochimica varca il confine della fisica atomica.

La minerogenesi si avvantaggia di questi risultati e ne deduce la possibilità di arricchimenti, nei magmi residui e nelle acque madri, di elementi in misura tale da costituire le specie minerali in cui predomina l'elemento raro.

E già l'insieme di questi studi ci delinea, anche nei particolari, un grande quadro sintetico di minerogenesi basato sulle successive ripartizioni degli elementi, dalle prime separazioni nel magma fino alle ultime manifestazioni pneumatolitiche e idrotermali. Si enunciano, ancora in modo provvisorio, alcune leggi generali, quali il predominio degli elementi a numero atomico pari, il diminuire della loro frequenza, secondo una certa legge esponen-

ziale, col crescere del numero stesso e infine la rarità di alcuni elementi a numero atomico basso come il litio, il berillio, il boro nei materiali terrestri e cosmici, verosimilmente per il fatto di essere poco stabili di fronte all'urto di particelle veloci (protoni, particelle, neutroni) ciò che viene confermato dai recenti progressi della fisica atomica sperimentale.

I geochimici moderni dedicano la loro attenzione ai sedimenti, nello stesso tempo in cui i petrografi cominciano ad accorgersi che l'indagine microscopica di questi fu fin qui, salvo poche eccezioni, inopportunamente trascurata. E i risultati si presentano già interessanti e spesso del tutto impreveduti, come quello, accertato in qualche caso, della concentrazione di qualche elemento raro in certe rocce sedimentarie.

Anche in questo campo si svelano relazioni fra raggi ionici e cariche elettriche, mentre la chimica colloidale viene a gettare viva luce sui fenomeni di coagulazione, di flocculazione e di deposito delle tante soluzioni colloidali che, con fasi più o meno effimere, entrano nei grandi cicli degli elementi, cicli concepiti fino a ieri in linee troppo schematiche, mentre oggi trovano perfezionamento e coordinazione da sempre più frequenti ed esatte riprove sperimentali.

Ed infine, poichè la mineralogia è la base dell'industria mineraria, bisogna pur dare un fugace sguardo alla scienza dei giacimenti minerari che, dalla semplice descrizione e valutazione dei medesimi è passata in un primo tempo a concezioni più o meno ipotetiche sulla loro genesi e infine ha avuto impulso veramente scientifico dalla geochimica, che, con le indagini sulla distribuzione e sulla concentrazione degli elementi nei processi magmatici, postmagmatici e di sedimentazione è venuta ad illuminare la formazione dei minerali individuali e il loro accumulo in giacimenti tecnicamente utilizzabili.

A conclusione di questo rapido sguardo, bisogna pur

far menzione di nuovi orientamenti, verso le scienze biologiche, di questo ramo modernissimo della mineralogia. E' ben noto che tante rocce sedimentarie, che tanti e cospicui giacimenti si sono formati con intervento di organismi. Perfezionare la conoscenza sommaria, che da tempo possediamo, di siffatti interventi, è uno dei compiti della geochimica. E' noto l'arricchimento di iodio per mezzo delle alghe marine, è men noto l'arricchimento in boro nelle ceneri delle piante, nuove del tutto sono delle interessantissime ricerche sull'arricchimento, non soltanto in manganese e nichelio, arsenico, argento, ma anche in elementi rari come germanio, berillio, scandio nell'humus dei boschi e conseguentemente nelle ceneri di vegetali viventi e di carboni fossili.

Una base per ulteriori ricerche nel campo della geochimica, quale è stato descritto, è costituita da un'opera fondamentale. *The Data of Geochemistry* di F. W. Clarke, (V edizione, Washington. Geol. Survey 770, 1927), frutto di un lavoro accurato e coscienzioso che risale ai principi di questo secolo ed è la raccolta ragionata e critica di dati relativi alla costituzione chimica dell'atmosfera, delle acque dolci, degli oceani, dei bacini chiusi, dei materiali vulcanici, delle rocce eruttive, sedimentarie e metamorfiche, dei giacimenti metalliferi, dei combustibili solidi e liquidi, ecc. Vera miniera di notizie alla quale si fa sovente ricorso, quando si vuol procedere a nuovi studi.

Accanto, per non dire di fronte, a questo metodo moderno di ricerca geochimica, che ha dato i risultati sovraesposti, sta l'indirizzo meno rigorosamente scientifico, più intuitivo che sperimentale, che informa il notissimo volume. «*La Geochimie*» di W. Vernadsky. Quella di Clarke e di Goldschmidt è la geochimica del mineralogista, mentre quella di Vernadsky, nella genialità e nelle grandi linee della sua concezione, risponde più alla mentalità del geologo.

Le grandi sintesi scientifico - filosofiche, i tentativi di correlazione fra le varie forme di energie nei fenomeni geologici e cosmici, i grandi cicli degli elementi più importanti, compreso quello del carbonio nella materia vivente, esposti tutti in modo veramente suggestivo, sono i pregi spiccati che rendono giustamente attraente la lettura dell'opera di Vernadsky e le assegnano nella storia della geochimica un posto importante.

b) PRINCIPI TEORICI

Alla geochimica, per così dire, teorica appartengono gli studi sulle così dette leggi geochimiche. Talune di queste si rivelano come il primo, se anche non definitivo, risultato della coordinazione di molti dati sperimentali raccolti con numerose ricerche svolte in quell'indirizzo rigorosamente scientifico, di cui si è fatto già cenno e sono state già enunciate. Altre, che si potrebbero ascrivere alla scuola di Vernadsky, sono il frutto, più che di esperienze, di correlazioni e di estensioni, geniali e suggestive, delle moderne teorie di fisica atomica. A questa categoria, nell'ambito della scienza italiana, appartiene una conclusione quasi occasionale che G. Oddo (1) aggiunse ad un suo studio sugli atomi radioattivi. Dopo aver parlato di questi, espose la constatazione che gli elementi più diffusi nella litosfera e cioè in ordine di importanza O, Si, Al, Fe, Ca, K, e Mg quasi tutti hanno pesi atomici divisibili con sufficiente approssimazione per 4. Di qui volle ammettere anche nei corpi non radioattivi, una tendenza a polimerizzazione di He. Introdotto in seguito il concetto di numero atomico, si arrivò alla conclusione che, degli otto elementi geologici principali, 5 hanno numero atomico pari, dal che deriva, considerando la loro distri-

(1) ODDO G.: *Struttura molecolare degli atomi radioattivi*. Gazz. Chimica Italiana, 44, 1913.

buzione quantitativa nella litosfera, nell'idrosfera e nell'atmosfera, che questi tre involucri del nostro pianeta sono costituiti per l'85 % circa di elementi a numero atomico pari. In quest'ordine di considerazioni, a cui il Vernadsky per primo attribuì una certa importanza, seguono recenti studi di P. Vinassa de Regny (1), che propose il concetto di numero molecolare, risultante dalla somma dei numeri atomici di tutti gli elementi costituenti la molecola. Calcolando tale numero per i minerali costituenti la litosfera e poi per tutte le combinazioni note, naturali e artificiali, inorganiche e organiche, si può constatare che nella grande maggioranza dei casi è un numero pari.

In altri lavori il Vinassa propose una classificazione degli elementi in base al loro numero di elettroni, adottando per essa il concetto di elettrone e ne ricavò alcune conclusioni interessanti; come la mancanza assoluta di elettroni corrispondenti ad aggruppamenti di elettroni a 5 e a 7. Dal che volle dedurre che gli elettroni non si dispongono secondo una simmetria geometrica, ma secondo la simmetria cristallografica, connessa cioè alla razionalità degli indici.

Dalla sua classificazione degli elettroni volle trarre infine altre conclusioni teoriche di geochimica.

c) IPOTESI DI MINEROGENESI

Gli inizi della geochimica furono prevalentemente teorici. Si cercò di spiegare la origine dei giacimenti di minerali con la formulazione di ipotesi a base di presumibili reazioni chimiche verosimilmente accadute in natura, senza tentativi di conferma sperimentale. A tale studio appartengono le prime indagini sull'origine dello

(1) VINASSA DE REGNY P.: *I costituenti degli involucri terrestri e il numero molecolare*. Rend. Acc. dei Lincei, 5, 1927, 229.

Id.: *Elettroni e simmetria*. Nuovo Cimento, 4, 1927, 381.

Id.: *Su talune leggi geochimiche*. Boll. Soc. Geol. Ital., 47, 1928, 149.

zolfo nei giacimenti di Sicilia e di Romagna dovute prevalentemente a studiosi italiani, per il fatto, soprattutto, che eminentemente italiano è il problema.

Abbandonata l'idea primitiva di una origine solfatariana di questi giacimenti situati in rocce tipicamente sedimentarie, si venne con studi meglio fondati, alla teoria di Sebastiano Mottura (1), per la quale lo zolfo si sarebbe formato in bacini lacustri dalla riduzione del solfato di calcio a solfuro e successiva decomposizione di questo in carbonato di calcio e zolfo. A questa teoria schematica, con qualche variante e adattamento, è acceduto Luigi Baldacci (2), il quale attribuiva alla formazione un'origine interamente marina, ammetteva cioè l'esistenza, alla fine del tortoniano in Sicilia, di una o di parecchie grandi lagune in comunicazione col mare, il quale vi portava le sue acque a concentrarsi per evaporazione con successivo deposito di carbonato e di solfato di calcio oltre che di sale. In seguito idrocarburi liquidi e gassosi, di cui le ultime tracce si vedono nelle attuali salse e maccalube, avrebbero ridotto il solfato a solfuro e polisolfuri di calcio, decomposti poi alla loro volta in carbonato di calcio e zolfo elemento.

Voleva spiegare in tal modo l'alternanza di depositi di calcare di gesso e di zolfo, mentre la parte marnosa e argillosa e l'impregnazione di bitume degli strati siliceo argillosi, che sono alla base del giacimento, erano secondo lui da attribuirsi ad eruzioni fangose del tipo delle attuali maccalube.

Gli stessi idrocarburi avrebbero poi disciolto in parte lo zolfo depositatosi anteriormente per concentrarlo nelle parti più ricche sotto forma di massa cristallina o di grandi cristalli veri e propri.

Baldacci fu indotto ad attribuire origine endogena al

(1) MOTTURA S.: *Sulla formazione della zona solfifera della Sicilia*. Memorie R. Comit. Geologico d'Italia, 1, 1871.

(2) BALDACCI L.: *Descrizione geologica della Sicilia*, 1886.

grande quantitativo di idrocarburi occorso per operare la riduzione su così vasta scala, mentre Travaglia (1), forse più verosimilmente, li ritiene derivati dalla bituminizzazione di enormi quantitativi di resti organici depositati nei bacini.

Ipotesi diversa è quella dell'origine direttamente inorganica escogitata da Giorgio Spezia (2), per il quale lo zolfo non può aver origine dalla riduzione dei gessi. Non vale questa a dare la spiegazione di certe caratteristiche associazioni di minerali, come quella frequentissima di zolfo e celestina. Secondo tale autore bisogna pensare a una grande manifestazione solfatariana, o meglio, idrotermale solfidrica, dalla quale, per ossidazione dell'idrogeno solforato, si sarebbe depositato lo zolfo e con esso gli altri minerali che lo accompagnano, compreso il gesso. Ad una tale concezione genetica, più o meno modificata, aderisce il Toso (3), e mentre M. Gatto (4), espertissimo conoscitore di tutti i giacimenti solfiferi siciliani in uno studio riassuntivo ritorna, aggiornandole, completandole e coordinandole, alle ipotesi di Mottura e Baldacci.

Anche G. Oddo si occupò della genesi del minerale di zolfo ed espone anzi (5) una sua teoria, nella quale volle attribuire comune origine ai giacimenti di salgemma, di zolfo, di scisti bituminosi tanto estesi nelle formazioni neogeniche della parte centrale della Sicilia e che hanno

(1) TRAVAGLIA: *Contributo agli studi sulla genesi di giacimenti di zolfo*. Boll. R. Comit. Geologico, 3-4, 1889.

(2) SPEZIA G.: *Sull'origine dello zolfo nei giacimenti della Sicilia*. Torino, 1892.

(3) TOSO: *Sul modo di formazione dei giacimenti petroliferi e solfiferi*. Boll. Comit. Geol. Roma, 1916.

(4) GATTO M.: *Condizioni tecniche dell'industria solfifera siciliana* nel volume «L'industria mineraria solfifera siciliana». Torino, Tip. Soc. Torinese, 1925.

(5) ODDO G.: *Impiego del minerale di zolfo...* Boll. Minist. Agricoltura Industria e Commercio, 1908 - 1909. Gazz. Chim. Ital., 1908 - 1909.

indubbiamente, specie lo zolfo e i bitumi, stretti legami fra di loro.

Per la formazione dello zolfo un'ipotesi diversa da tutte le precedenti fu affacciata da G. Bargagli Petrucci (1) ed è di natura biologica. Di altri contributi recati da questo autore alla biogeochimica dovremo dire fra breve. Secondo il Bargagli alcuni microrganismi ossidanti sarebbero capaci di agire sopra composti assai comuni in natura, nel nostro caso sull'idrogeno solforato, riuscendo in certi determinati casi a far deporre lo zolfo allo stato metalloidico. Ciò era stato osservato da tempo nelle sorgenti di acque solfuree. Estendendo queste osservazioni ad un campo più vasto l'A. considerò l'attività dei microrganismi come una potente, anzi una predominante, collaborazione alla trasformazione spontanea dell'idrogeno solforato in acqua e zolfo dalla quale sarebbero derivati i vasti depositi di zolfo nelle solfure di Sicilia e di Romagna. Vi avrebbero contribuito delle Bacteriacee ossidanti e specie della famiglia delle Beggiatoacee.

Alla scuola italiana appartiene un'ipotesi originale, e contrastante con quella comunemente accettata, sull'origine di un minerale in Italia abbondante e diffuso e di grande importanza industriale, quale la bauxite. Comunemente si attribuisce ai depositi di bauxite, che si presentano in forma di sacche o di riempimenti di cavità più o meno profonde del calcare cretatico, specie in Istria, una provenienza, comune con le terre rosse a cui spesso si accompagnano, dall'alterazione eluviale di calcari emersi.

Camillo Crema (2), che ha studiati tutti o quasi tutti

(1) BARGAGLI PETRUCCI G.: *Un'ipotesi biologica sulla deposizione dello zolfo durante l'epoca gessosa - solfifera*. Roma, Rend. Acc. Lincei, 24, serie 5^a, 1915, 631.

(2) CREMA C.: *Osservazioni sui giacimenti di bauxite dell'Appennino, dell'Istria e della Dalmazia*. Rend. Acc. Lincei, 29, 1920, 492.

Id. *Le bauxiti dell'Istria e della Dalmazia*. Miniera Italiana, 4, 1920.

questi numerosi giacimenti bauxitici, descrivendo dapprima quelli dell'Appennino Abruzzese, ponendoli poi a raffronto con quelli dell'Istria e della Dalmazia, facendone constatare l'affinità di origine e di età geologica, pur nella loro differenza morfologica e che ha esteso poi i suoi studi alle bauxiti del Gargano e della penisola Salentina, ha attribuito a tutti i giacimenti italiani un'origine diversa, anzi opposta: il minerale si sarebbe prodotto in fondo ai mari in conseguenza di fenomeni di origine profonda o endogena, manifestatisi al passaggio dal cenomaniano al turoniano. Le sacche di bauxite dovrebbero interpretarsi quali canali d'esplosione, o quanto meno quali allargamenti di fessure preesistenti provocati dall'uscita dei materiali endogeni che le riempiono.

d) INIZI DI SPERIMENTAZIONE GEOCHIMICA

Vero precursore degli indirizzi moderni della geochimica si deve considerare Alfonso Cossa (1833-1902), che svolse la sua feconda attività scientifica nel Politecnico di Torino. Con l'attrezzatura di laboratorio, purtroppo, molto limitata di quel tempo iniziò ricerche che, con mezzi di gran lunga più perfezionati, sono eseguite dai geochimici moderni.

Dell'opera di Cossa come petrografo, precursore anche in questo, è stato detto in altra parte di questo volume.

Come geochimico la sua attività spicca in due campi: in esperienze di minerosintesi, ma soprattutto nella ricerca e determinazione in natura degli elementi rari. Le efflorescenze delle fumarole e le incrostazioni cristalline della Grotta dell'allume nell'isola di Vulcano gli fornirono materiale adatto (1). Tra questo egli rinvenne la *hieratite*, un

(1) COSSA A.: *Ricerche chimiche su minerali e rocce dell'Isola di Vulcano*. Roma, Acc. Lincei, 1887-88.

Id.: *Hieratite, nuova specie mineralogica*. Roma, Trans. Lincei, 1881.

raro fluosilicato, e la presenza di elementi poco comuni, come il tellurio, o del tutto rari, come tallio, cesio, rubidio. Studiò anche la diffusione in natura del cerio e degli altri elementi delle terre rare, giungendo a conclusioni del tutto nuove, che furono poi confermate molto più tardi da studi ulteriori: affermò tra l'altro la possibilità di sostituzione del cerio al calcio nelle apatiti e in altri minerali, concetto di grande importanza nella cristallografia chimica, che ebbe, come è detto in altro luogo di questo volume, conferma ed estensione dalle ricerche di F. Zambonini.

Contemporaneo del Cossa e, come lui da considerarsi fra i primi cultori della geochimica in Italia, fu Orazio Silvestri (1835-1890) (1) assiduo osservatore dei fenomeni vulcanici dell'Etna non solo nel loro dinamismo, ma anche nel loro chimismo. Professore all'Università di Catania vi tenne un insegnamento di mineralogia e geologia a cui diede il sottotitolo di chimico-fisica terrestre. I gas ed i vapori delle fumarole dell'Etna e di Vulcano, la cui eruzione del 1889 seguì attentamente in tutte le sue fasi, furono oggetto da parte sua di analisi accurate e di determinazioni chimico-fisiche. Si dedicò alla ricerca nei materiali vulcanici di elementi rari, o meno comuni, ed è a lui che dobbiamo la prima osservazione della presenza del vanadio nelle lave dell'Etna. Scoperta confermata ed estesa in seguito alle lave del Vesuvio e ai basalti di Pachino da uno studioso della seconda metà del secolo scorso L. Ricciardi che si può, almeno per certi rami della sua

(1) SILVESTRI O.: *I fenomeni vulcanici presentati dall'Etna dal 1866 al 1881. Studi di geologia chimica.* Acc. Gioenia di sc. nat., Catania, 1881.

Id.: *Processi chimici e di dissociazione studiati nella lava fluente e nei fumaioli a elevatissima temperatura nel cratere centrale dell'Etna.* Atti Soc. Ital. Sc. Nat., Milano, 12, 1870.

Id.: *Découverte du Vanadium dans les laves de l'Etna.* Journ. miner. geol., Paris, 1866.

multiforme attività specialmente chimico-analitica, considerare come uno dei primi cultori della geochimica in Italia.

e) RADIOATTIVITÀ DI MINERALI E DI ROCCE

Dopo le prime segnalazioni del fisico Becquerel sull'analogia delle radiazioni emesse dai sali di uranio con quelle dei raggi Röntgen e la successiva scoperta del radio nella pechblenda (uraninite) fatta dai coniugi Curie si iniziarono dapertutto determinazioni della radioattività di minerali e rocce diverse.

Anche in Italia si eseguirono ben presto ricerche di questo genere e vennero inserite in quel ramo della dottrina mineralogica definito come geochimica. Tali studi invero hanno per particolare oggetto la trasformazione della materia della litosfera, la trasformazione anzi che è in atto da migliaia di secoli, e continuerà per altrettante migliaia in seno del minerale singolo, o come tale, o come costituente delle masse rocciose.

Fu determinata la radioattività di minerali, rocce, acque minerali e emanazioni gassose.

Sui minerali radioattivi italiani portò per primo l'attenzione F. Zambonini (1) col suo lavoro sulla cotunnite delle eruzioni vesuviane del 1872 e del 1906. Vi riscontrò una forte radioattività dell'ordine di grandezza di quella dei minerali con circa il 45 % di uranio e radioattività ancora maggiore constatò nella galena formatasi in uguali condizioni nelle eruzioni medesime. Lo studio non si limitò alla semplice determinazione del fenomeno, ma permise all'autore di avanzare ipotesi per spiegare la diversità del potere radioattivo fra i vari materiali (ceneri, lapilli, lave) delle eruzioni vesuviane.

A. Piutti (2) rese noti nel medesimo torno di tempo i

(1) ZAMBONINI F.: *Sulla radioattività della cotunnite Vesuviana*. Rend. R. Acc. Lincei. Serie V. vol. 16, Roma, 1907.

(2) PIUTTI A.: *Minerali non radioattivi che contengono elio*. Gazz. Chim. Ital., vol. 40, Roma, 1910.

risultati di numerose sue osservazioni sulla radioattività di materiali svariati e di diversa origine: come i minerali delle geodi tormalinifere del granito Elbano, alcuni debolmente radioattivi (castore, polluce, berillo verdognolo e alcune tormaline) altri, in condizioni quasi uguali di giacitura, non radioattivi (altre tormaline, berillo roseo). Le estese a molti minerali e specie allo zircone, trovando notevolmente radioattivo lo zircone vesuviano, debolmente invece quello delle sabbie di Lonedo nel Veneto, mentre Francesconi (1) e in seguito Puxeddu e Manca dedicarono la loro opera allo studio della radioattività dei minerali dei giacimenti metalliferi della Sardegna, rivelandone l'esistenza in alcune galene, in alcune piro-morfite e wulfenite e nella crisocolla di Bena de Padru presso Ozieri.

La ricerca di minerali di uranio veri e propri, scarsi e rari in Italia, fu uno dei risultati naturalmente prevedibili della estensione presa anche nel nostro paese dagli studi sulla radioattività. G. Roster, nel 1876, aveva segnalato l'esistenza nel granito dell'isola di Montecristo di un minerale in piccole lamelle verdi che ritenne per i suoi caratteri fisici e chimici di dover ascrivere al gruppo delle così dette miche di uranio e in particolare alla torbernite. Il medesimo materiale sottoposto in seguito (1912) da F. Millosevich (2) ad uno accurato studio ottico si rivelò per zeunerite, minerale affine, come è ben noto.

Uraninite e torbernite furono ritrovate da Repossi (3) nella pegmatite di Olgiasca sul lago di Como e la seconda anche nel granito di Montorfano.

(1) FRANCESCONI L.: *La radioattività dei minerali della Sardegna*. Gazz. Chim. Ital., vol. 45, Roma, 1914.

(2) MILLOSEVICH F.: *Zeunerite ed altri minerali dell'isola di Montecristo*. Rend. R. Acc. dei Lincei, Serie V, vol. 21, Roma, 1912.

(3) REPOSSI E.: *I filoni pegmatitici di Olgiasca. Rinvenimento in essi di minerali di Uranio*. Atti Soc. It. Nat., vol. 52, Milano, 1914.

Nel campo della ricerca e dello studio dei minerali di uranio il risultato più importante fu quello raggiunto a Lurisia presso Mondovì. L'autunite, che in questa località si trova disseminata abbastanza abbondantemente nella besimaudite, sorta di porfido laminato, fu oggetto anche di tentativi di sfruttamento industriale. La scoprì per primo G. Lincio (1) che ne determinò le proprietà morfologiche, fisiche e chimiche, ne fece rilevare in seguito la possibilità di uno sfruttamento industriale F. Millosevich (2) durante la grande guerra.

Il giacimento fu visitato in quell'epoca dalla Curie e fu oggetto di studi da parte di Francesconi (3) di Bellini (4) di Corradi (5) e soprattutto di uno riassuntivo ed esauriente di A. Pelloux (6).

Sulla radioattività dell'autunite di Lurisia e della torbenite che fu riscontrata anche, benchè in minor quantità, nello stesso giacimento portarono il contributo delle loro ricerche Porlezza, Donati e Francesconi il quale determinò anche in modo esauriente la radioattività delle acque che sgorgano in vari punti della roccia.

Non solo le acque di Lurisia, ma quelle anche di moltissime altre località italiane, furono oggetto di indagini sulla loro eventuale radioattività; una ricca lettera-

(1) LINCIO G.: *Dell'autunite di Lurisia*. Atti R. Acc. Sc. di Torino, vol. 48, Torino, 1913.

(2) MILLOSEVICH F.: *Il giacimento di autunite di Lurisia*. La miniera Italiana, Roma, 1919.

(3) FRANCESCONI L., BRUNA R.: *Radioattività e composizione delle acque della regione di Lurisia in quello di Mondovì, dei suoi minerali e delle rocce*. Atti Soc. Ligustica Lett. Sc. ed Art., vol. 13, Genova, 1934.

(4) BELLINI R.: *Osservazioni sui minerali radiferi della besimaudite di Lurisia*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 39, Roma, 1920.

(5) CORRADI C.: *Nota sulla ricerca di autunite in comune di Roccaforte (Mondovì)*. Per. Minr., vol. 4, Roma, 1933.

(6) PELLOUX A.: *I minerali uraniferi e le sorgenti di acque radioattive della miniera di Lurisia presso Roccaforte di Mondovì*. Atti Soc. Ligustica Lett. Sc. ed Arti, vol. 13, Genova, 1934.

tura in proposito data dal primo decennio di questo secolo: devesi a Nasini e ai suoi scolari la dimostrazione della forte radioattività di quelle notissime di Fiuggi, a Engler prima e in seguito a Nasini, di quelle di Lacco Ameno nell'isola d'Ischia che lo sono in tal grado, da poter essere considerate come una sorgente naturale e inesauribile di emanazione, anche captabile ad usi terapeutici.

Così si hanno esatte notizie del potere radioattivo delle numerose sorgenti termali dei Colli Euganei (Abano, Battaglia, ecc.) di quelle di Agnano, di Casciana, di Salsomaggiore, per dire soltanto delle più note, nonchè di altre minori (1).

La radioattività di materiali vari, specialmente di origine vulcanica, tufi, ceneri, lapilli, ecc. diede oggetto a studi vari ed esaurienti, sui fanghi delle sorgenti di Abano da parte di Vicentini e poi del Bellini, sui tufi vulcanici e le pozzolane del Lazio da parte di Martinelli e Serra, sui materiali eruttivi dell'Etna da parte di Trovato Castorina, su quelli dei dintorni di Augusta da parte di Accolla e dei dintorni di Catania da parte di Galvano.

I prodotti delle eruzioni vesuviane del 1904 e del 1906 hanno dato luogo a ricerche di Nasini e Levi e poi dello Scarpa: G. Gallo ha studiato a questo fine diverse rocce incontrate durante la costruzione della linea del Sempione: ancora Nasini e Levi (2) le rocce dell'Isola d'Ischia.

Con un lavoro riassuntivo gli stessi autori hanno dato una sistematica raccolta di dati sulla radioattività di un notevole numero di rocce italiane di svariate provenienze tra le quali le trachiti di Monte Amiata, le andesiti di Ra-

(1) Per la radioattività delle acque della Sicilia, vedi BELLIA C. e DALLAPORTA N. Atti Acc. Gioenia, Catania, Serie 6. I e II, 1934-37.

(2) NASINI R. E LEVI M. G.: *Radioattività di rocce ed altri materiali dell'isola d'Ischia*. Rend. Acc. Lincei, Ser. 5, 17, 1908, 432.

dicofani, i graniti di Gavorrano, dell'Elba e di Montecristo, i tufi di Fiuggi e dei Monti Cimini.

f) RICERCHE SUL TORIO E SUL RADIOTORIO

Alla ricerca del torio nei materiali italiani si dedicò in special modo G. A. Blanc (1) con una serie di lavori che costituiscono il contributo più importante agli studi della radioattività in Italia. Egli, con una serie di determinazioni di radioattività sui fanghi di alcune acque termali della Savoia, poté constatare nei medesimi la proprietà di emettere una emanazione radioattiva con caratteri simili a quella del torio; riduzione rapida dell'attività, della metà circa in un minuto primo, e capacità di comunicare un'attività indotta ai corpi con i quali veniva a contatto, anch'essa degradante col tempo e riducesi a metà in circa 11 ore. Accanto a tale emanazione negli stessi fanghi poté trovare anche tracce di emanazione di tipo radio. Da una serie di esperienze intese allo scopo di separare dai fanghi i costituenti radioattivi in essi contenuti, poté concludere che i fenomeni radioattivi, che si osservano nei sali di torio, non sono dovuti ad una proprietà intrinseca di quell'elemento stesso, ma invece alla presenza in essi di tracce di un elemento dotato di grande attività, che non si era potuto separare prima dal torio data la grande analogia di comportamento chimico.

Ad analoga conclusione giungevano, quasi contemporaneamente e indipendentemente, Elster e Geitel con lo studio dei fanghi di Baden-Baden e Hahn con ricerche sulla torianite.

Con successivi lavori nel 1906 G. A. Blanc studiò le proprietà del nuovo elemento e il modo di separarlo dai

(1) BLANC G. A.: *Ricerche su un nuovo elemento presentante caratteri radioattivi del torio*. Rend. R. Acc. dei Lincei, 15, 1906, 328, 349.

sali di torio (1). Veniva così ad essere confermata l'esistenza del nuovo elemento intensamente radioattivo, chiamato da Ramsay radiotorio, alla cui presenza in tracce i sali di torio devono la loro radioattività.

In seguito, come è noto, il radiotorio fu dimostrato essere un isotopo del torio.

Proseguendo le sue ricerche in questo campo, G. A. Blanc potè dimostrare che i prodotti di trasformazione del torio hanno parte notevole nei fenomeni di radioattività atmosferica, nella quale, per diffusione dal suolo, si riversa continuamente della emanazione torica. Con ciò si pose il problema di determinare la quantità di torio che deve esistere nell'unità di massa del suolo per produrre i fenomeni indicati e di estendere al torio le ricerche dello Strutt su rocce da vario genere per il loro contenuto in radio. Esegui anzitutto esperienze per determinare la proporzione di torio contenuta nel suolo di Roma e poi in altre rocce di diversa natura e provenienza.

Concluse infine i suoi studi sul torio, estendendo anche nel campo di questo elemento, dal punto di vista della radioattività terrestre, le ricerche già note sull'azione termica della disintegrazione nella serie uranio-radio e su quella ionizzante delle loro radiazioni nell'atmosfera.

A titolo di conclusione di questa esposizione del lavoro degli italiani nella determinazione delle proprietà radioattive di minerali, rocce, acque e prodotti gassosi italiani si può osservare che alla mole veramente notevole delle ricerche analitiche non corrisponde un risultato sintetico di uguale importanza. Ma il medesimo appunto si può muovere a tutto il complesso di ricerche analoghe eseguito contemporaneamente all'estero. Un coordinamento intorno ad una ipotesi geochimica soddisfacente di tutte le

(1) BLANC G. A. E ANGELUCCI O.: *Separazione del radio torio dai sali di torio*, idem., 15, 1906, 1° sem. 90.

ricerche sulla radioattività dei materiali della litosfera si attende ancora.

g) VAPORI E GAS NATURALI

Un capitolo interessante di geochimica, scritto interamente da italiani e ancor oggi in via di successiva elaborazione e perfezionamento, è quello che riguarda il completo studio geologico, fisico e chimico dei vapori e dei gas che costituiscono i soffioni boraciferi della Toscana. La prima pagina rimonta alla seconda metà del secolo XVIII e riguarda la scoperta fatta nel 1777, da Uberto Francesco Hofer, il farmacista del Granduca Leopoldo, dell'acido borico e le ricerche di Paolo Mascagni, il sommo anatomico, che nel 1779 confermò la scoperta e per primo pensò all'utilizzazione dell'acqua dei lagoni per trarne acido borico e soprattutto borace che, del boro, è il composto industriale di maggior consumo.

In seguito, per tutto il secolo XIX, la ricerca scientifica accompagna l'evoluzione dell'industria dell'acido borico e del borace: tale ricerca entra nel campo della geochimica nella seconda metà del secolo con quella fase primordiale prevalentemente analitico-descrittiva a base di ipotesi naturalistiche di tale ramo di dottrina, di cui è stato fatto già cenno. Sulla fine del secolo soltanto, si evolvono gli studi sull'argomento in senso rigorosamente scientifico e si impennano nell'opera di due italiani illustri: Raffaello Nisini e il Principe Piero Ginori Conti, chimico il primo, grande industriale e mecenate della scienza il secondo: il primo porta nello studio dell'interessantissimo fenomeno la sua scienza e l'opera sua e quella di una schiera di valorosi allievi, il secondo concede largamente i mezzi. In tal modo mentre i soffioni furono a mano a mano estesamente sfruttati a beneficio dell'industria, che da chimica diventò anche elettrica con la creazione delle prime centrali geotermiche del mondo, la conoscenza scientifica dei

soffioni e dei loro materiali divenne sempre più perfetta.

« Si può dire — scrive U. Sborgi (1) — che la marcia verso l'utilizzazione integrale dei costituenti dei soffioni è stata graduale e progrediente ininterrottamente seguendo i tempi e le possibilità tecniche delle varie epoche — ma la ricerca scientifica fu guida ad essa e tanto più, quanto più il problema delle utilizzazioni successive si faceva arduo e complicato ».

Nel 1895 Nasini, Anderlini e Salvadori trovano nei gas dei soffioni l'argo e l'elio, prima constatazione della presenza dei gas nobili in sorgenti gassose naturali. L'elio era stato bensì ritrovato dopo la scoperta di Ramsay, ma occluso in vari minerali.

In seguito, 1905, Nasini, Anderlini e Levi (2) determinarono la radioattività di detti gas, rinvenendovi l'emanazione di radio. Nel 1911, col concorso di altri due collaboratori (Porlezza e Norzi) vengono eseguite nuove analisi complete di tutti i componenti del gas, a rettifica di quelle eseguite nel secolo scorso da Payen, da Fouquè e Gorceix e da Sainte Claire Deville.

Ma soltanto nel 1937 Sborgi (3) fa nota la presenza nei soffioni anche del neo, del cripto, del xeno e cioè di tutta la serie dei gas nobili dall'elio al nito, dando così la fisionomia geochimica completa dei soffioni e traendone anche deduzioni di interesse generale sulle proporzioni reciproche di azoto e gas rari e specialmente sul rapporto Argo - Azoto in confronto alle altre manifestazioni gassose.

(1) SBORGI U.: *Studi e ricerche sui gas dei soffioni boraciferi con particolare riguardo al loro contenuto in elio e altri gas nobili*. Roma, Atti Acc. d' Italia, 1934.

(2) NASINI R.: *I soffioni e i lagoni della Toscana e la industria boracifera*. Roma, 1930, Cap. IV, p. 237.

(3) SBORGI U.: *Presenza del cripto e dello xeno oltre che degli altri gas nobili, nei soffioni boraciferi toscani. Aspetti geochimici della composizione dei soffioni*. Mem. Acc. d' Italia, 1937.

Si osservi anche che la separazione e la determinazione quantitativa di piccole quantità di gas nobili presenta delle serie difficoltà tecniche, brillantemente superate in laboratori espressamente attrezzati, come quello installato a Larderello dal Principe Ginori Conti.

Ma più compiuta ancora è l'indagine geochimica degli scienziati Italiani sul grandioso fenomeno di attività endogena rappresentato dai soffioni boraciferi ed è riassunta tutta nell'opera già citata del Nasini. Il meccanismo dei soffioni e le loro caratteristiche fisico-chimiche furono studiate dal Nasini stesso e da A. Brighenti, della chimico-fisica dei borati in soluzione si è occupato U. Sborgi, mentre U. Gigli ha perfezionato le ricerche sulla radioattività dei soffioni e C. Porlezza ha studiato in modo particolare il loro contenuto in elio, anche nei riguardi di una eventuale utilizzazione ed ha rivolto la sua attenzione alla formazione della cerbolite (solfato d'ammonio) dalle acque dei lagoni.

Lo studio dei gas combustibili idrocarburi ha evidentemente qualche riflesso con la geochimica. In Italia, dove le manifestazioni di tali gas sono frequenti ed attraggono sempre più l'attenzione di molti, soprattutto in vista della loro utilizzazione per produzione di energia in centrali termiche o per diretta utilizzazione come carburanti nell'autotrazione. Gli studi strettamente geochimici sui medesimi non sono abbondanti, mentre abbondanti invece sono le descrizioni delle loro sorgenti nella loro ubicazione topografica e geognostica e nella loro portata.

Allo studio geochimico si sono dedicati in modo speciale Levi e Padovani (1), mentre Nasini (2) ha posto con molta acutezza il problema della loro presenza nei gas dei

(1) LEVI M. G. E PADOVANI C.: *Studi e ricerche sui gas naturali italiani*. Miniera italiana, 14, Roma, 1930.

(2) NASINI R.: *Gas combustibili, elio, emanazione radioattiva nei soffioni boraciferi della Toscana*. *Problemi per geologi*. Boll. Soc. geol. italiana, 47, 1928. p. LXXV.

soffioni unitamente ad azoto e gas nobili ed emanazione di radio. Eliminati nei gas dei soffioni anidride carbonica e idrogeno solforato, si trova nel gas residuo la seguente composizione centesimale: metano 30,69, idrogeno 42,24, azoto e altri gas 27,07. E' strana la preponderanza dell'idrogeno che non si trova mai o quasi mai nelle sorgenti di gas combustibili propriamente detti. Si può spiegare la sua presenza per decomposizione di acqua magmatica, ma Nasini avanza l'acuta ipotesi di bombardamento di particelle nel metano con formazione di idrogeno e di idrocarburi liquidi che, sia pur in piccole quantità, sono stati rinvenuti nella zona dei soffioni.

Oltre che a Larderello, si trovano elio e gas nobili in altre emanazioni naturali italiane, ma in quantità anche minore e tale da escludere la possibilità di una utilizzazione industriale dell'elio, non raggiunta ancora a Larderello stesso.

Studi recentissimi sui vapori e sui gas di manifestazioni dell'attività endogena in Italia, come nell'isola di Vulcano, nei campi Flegrei, nelle acque termali di Abano sono stati eseguiti sotto la direzione del Principe Ginori Conti e gli auspici della R. Accademia nazionale dei Lincei e dimostrano la grande analogia che corre fra queste manifestazioni e quelle della regione boracifera Toscana (1).

h) MINEROGENESI SPERIMENTALE

Il nome di Giorgio Spezia (1842-1911) è legato a una lunga serie di esperienze molte delle quali pubblicate, sotto il titolo comune di Contribuzioni di geologia chimica (2), negli ultimi anni del secolo scorso e nel primo decennio del corrente.

(1) GINORI CONTI P.: *L'attività endogena quale fonte di energia*. Relazione Acc. Lincei, 1938.

(2) SPEZIA G.: *Atti Acc. Sc. Torino*, XXXIII - XLVI (1898 - 1911).

Le esperienze furono eseguite con apparecchi ideati e congegnati dallo stesso autore e fondati sul principio di avere un ambiente chiuso sottoposto a pressione uniforme e elevata (più di 6000 atm.) e temperature variabili e decrescenti dall'alto verso il basso.

La durata delle esperienze fu in genere piuttosto lunga (mesi ed anche anni) e in tal modo lo Spezia potè verificare la solubilità di molti minerali, come il quarzo, ritenuti praticamente insolubili: solubilità tanto nell'acqua, come nell'acqua contenente sali diversi. Nelle zone di maggior temperatura dell'apparecchio si verificano condizioni di solubilità, in quelle di minor temperatura condizioni inverse o di deposito. Le conclusioni più importanti tratte dallo Spezia con i suoi lavori sono la diversa solubilità, e viceversa, la diversa velocità di accrescimento dei cristalli di quarzo in direzioni diverse: massima velocità di accrescimento in direzione normale, minima in direzione parallela all'asse di simmetria singolare. Da tali esperienze lo Spezia potè trarre interessanti deduzioni sulla cristallogenesi del quarzo nelle varie condizioni ambientali in cui è avvenuta in natura la formazione dei cristalli di questo minerale tanto diffuso; segregazione di magmi, depositi di soluzioni, cristallizzazioni in seguito alle varie e molteplici azioni di metamorfismo.

Con altri lavori (1) lo stesso autore contribuì alla geochimica del metamorfismo stesso. Anche in questi le considerazioni teoriche trovano il loro punto di partenza da risultati di esperienze di lunga durata eseguite con i suoi apparecchi con i quali potè esercitare per tempo assai lungo pressioni sopra minerali o associazioni di minerali, pressioni orientate, o dinamiche e pressioni statiche, cioè uniformi in tutti i sensi. Potè dimostrare che in tali condizioni, anche con esperienze di lunga durata, non si

(1) SPEZIA G.: *Il dinamometamorfismo e la minerogenesi*. Atti Acc. Sc. Torino, 1904 - 05. — *Sopra alcuni presunti effetti chimici della pressione*. Idem., 1909 - 10, 1910 - 11.

ha neanche segno dell'inizio di supposte reazioni. Le deduzioni che ne trasse gli diedero occasione di entrare nella grande polemica fra sommi geologi e petrografi sulla formazione dei minerali degli scisti cristallini e di sostenere per suo conto che al principio dei volumi molecolari sostenuto dal Becke, e a quello di Riecke, sostenuto dal Grubenmann, questi autori vollero dare un'importanza eccessiva e che, in generale, dei grandi parametri geologici, quello della pressione ha un'influenza assai minore di quello della temperatura nei processi di minerogenesi.

Fra le ricerche di minerogenesi sperimentale si possono annoverare quelle di F. Millosevich (1) sulla formazione dei carbonati di rame naturali.

Dall'osservazione della paragenesi nel giacimento di azzurrite del Castello di Bonvei, presso Mara in Sardegna, l'A. è stato tratto a studiare in quali condizioni si formano in natura azzurrite e rispettivamente malachite, e ad istituire delle esperienze, dalle quali si può concludere che l'azzurrite si forma in presenza di eccesso di carbonato di calcio rispetto ai sali di rame circolanti nel terreno. Tale eccesso di carbonato è favorito dalla presenza di anidride carbonica che facilita la soluzione del carbonato sotto forma di carbonato acido.

Altre esperienze di geochimica eseguì lo stesso A. per dimostrare la formazione di solfato d'alluminio naturale (alunogeno) per azione solfatariana e ne riferì nella descrizione di alcuni giacimenti di alunogeno in provincia di Roma.

2) BIOGEOCHIMICA

Scarsi in genere sono i contributi portati da studiosi

(1) MILLOSEVICH F.: *Il giacimento di azzurrite del Castello di Bonvei presso Mara, con alcune osservazioni sulla formazione dei carbonati di rame naturali.* Rend. R. Acc. Lincei, 15, 1906, 732.

id.: *Ulteriori osservazioni intorno alle condizioni di formazione dei carbonati di rame naturali.* Ibidem., 17, 1908, 82.

Id.: *Di alcuni giacimenti di alunogeno in provincia di Roma.* Boll. Soc. Geol. Italiana, 20, 1901, 263.

italiani alla biogeochimica. Uno dei primi a trattare di tali problemi fu G. Bargagli-Petrucci, della cui ipotesi biologica sulla deposizione dello zolfo abbiamo fatto già cenno. Fece oggetto di accurate osservazioni la formazione della terra di Siena (terre gialli e bolari del Monte Amiata) attribuita comunemente dai geologi a deposito di idrato ferriaco da sorgenti termo-minerali contenenti bicarbonato ferroso, benchè già Gasperini (1) fin dal 1906 ne avesse sostenuto la genesi organica per opera di microorganismi filamentosi viventi in acque fredde o termali, attribuiti da lui alla famiglia delle Beggiatoacee e da altri alle Clamidobatteriacee, capaci di sottrarre alle acque il ferro contenuto anche in tenui quantità per fornire rivestimenti ed involucri di idrossido di ferro.

Perfezionando tali osservazioni il Bargagli-Petrucci (2) identificò una batteriacea, il *Bacillus ferrigenus*, capace, tanto in natura, quanto nelle culture di laboratorio, di ossidare il ferro e precipitarlo in forma di ossido idrato.

L'azione di questo organismo si manifesta tanto più intensa nei luoghi dove esso si associa a un substrato vivente di alghe verdi e di diatomee. Tale microorganismo isolato dal Bargagli nei fanghi caldi dei laghi della zona boracifera di Larderello, dove contribuisce alla formazione di quella mescolanza di minerali diversi, fra cui ossido di ferro, che costituisce la cosiddetta lagonite, è specie termofila, resistente al calore e ad agenti acidi.

Con la sua ipotesi si spiega anche la vicinanza dei depositi di terre gialle e bolari con quelli di tripoli da diatomee che costituiscono le farine fossili di Santa Fiora e di altri luoghi del Monte Amiata.

(1) GASPERINI G.: *La biogenesi delle terre rosse, gialle o bolari e la importanza delle Beggiatoacee per la circolazione e la deposizione del ferro*. Atti R. Acc. Georg., Firenze, 3, 1906, 503.

(2) BARGAGLI - PETRUCCI G.: *Sull'origine biologica della « Terra di Siena »*. Mem. R. Acc. Lincei, 10, 1914.

E' il luogo qui di citare le ricerche chimiche nelle medesime terre gialle e bolari eseguite da E. Manasse (1) che vi trovò per primo quantità non trascurabili e spesso assai notevoli di arsenico. La presenza di tale elemento non si oppone secondo l'A. alla ipotesi biologica del Bargagli.

L'origine biologica della pelagosite è stata dimostrata da E. Onorato (2). Fu definita con tal nome una particolare incrostazione di carbonato di calcio rinvenuta dapprima sugli scogli dell'isola di Pelagosa e poi in tante altre località marine. La sua origine era stata generalmente attribuita a deposito chimico dalle acque del mare e la sua natura attribuita, dagli uni a calcite, da altri ad aragonite. Onorato confermò con accurate indagini ottiche e con reazioni cromatiche che si tratta veramente di una varietà di aragonite, ma potè dimostrare anche l'origine biologica da un'alga della famiglia delle *Chroococcacee* fissatrici di calcio e un'analogia di formazione e di struttura con le ooliti di taluni calcari oolitici, dovute anch'essi all'azione di alghe calcarifere.

1) DIVULGAZIONE E DIDATTICA

Opere divulgative parziali su argomenti di geochimica pubblicarono nel 1910 F. Millosevich (3) per render noti gli studi fondamentali di Clarke, di Vogt e altri minori sulla costituzione chimica quantitativa della parte superiore della litosfera, G. A. Blanc (4), sui fondamenti della

(1) MANASSE E.: *Sulla composizione chimica delle terre gialle e bolari del Monte Amiata*. Atti Soc. Tosc. sc. nat., Pisa, 30, 1915.

(2) ONORATO E.: *Sulla pelagosite delle isole Tremiti nell'Adriatico*. Boll. Soc. Geol. Italiana, 45, 1926, 17.

(3) MILLOSEVICH F.: *Un capitolo di Geologia chimica*. Firenze, Galletti e Cocci, 1910.

(4) BLANC G. A.: *I recenti sviluppi del concetto di elemento e i nuovi aspetti della geochimica*. Atti Soc. progr. Scienze, XVIII Riunione, 1929.

fisica atomica, sulla costituzione del nucleo, sugli elementi isotopi e la loro importanza nella geochimica.

Trattati o corsi di lezioni Vinassa (1), G. A. Blanc e T. Carpanese (2).

(1) VINASSA DE REGNY P.: *Geochimica*, Roma, 1932. — *Quanti anni ha la terra*. Hoepli, Milano, 1935.

(2) G. A. BLANC e CARPANESE T.: *Corso di geochimica*, Parisotto, Padova, 1937.

BIBLIOGRAFIA GENERALE

GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA

LA GEOLOGIA:

TRATTATI GENERALI

CANTAMESSA I.: *I fossili*, Torino, U. T. E. T., 1898.

CORTESE E.: *Fluitazioni di fossili e migrazioni di specie*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LIII, Roma, 1934.

DI POGGIO E.: *Elementi di Paleofitologia*, Torino, U. T. E. T., 1906.

ISSEL A.: *Compendio di Geologia*, Torino, Bocca, 1896.

PARONA C. F.: *Trattato di Geologia*, F. Vallardi, Milano, 1903-1904.

ROVERETO G.: *Trattato di Geologia morfologica* (2 vol.), U. Hoepli, Milano, 1922-24.

STOPPANI A.: *Il Bel Paese*, (II. Ed. a cura di A. Malladra), Milano, Cogliati, 1908.

VINASSA DE REGNY P.: *Paleontologia*, II ediz., Milano, Hoepli, 1924. — *La Terra*, Torino, U.T.E.T., 1933. — *Quanti anni ha la Terra?*, Milano, Hoepli, 1935.

GEOLOGIA GENERALE E DESCRITTIVA

ANELLI M.: *Cenni tettonici sulla regione collinosa tra lo Strione e il Taro*, Boll. R. Uff. geologico LII, 7, Roma, 1927. — *Cenni geologici sulla regione collinosa tra il Secchia e il Tiepido* (Prov. di Modena), A. G. I. P., Roma, An. tip. ed. laziale, 1935.

BARATTA M.: *I terremoti d'Italia*. Saggio di storia, geografia e bibliografia sismica italiana, Torino, 1901.

BALDACCI L.: *Descrizione geologica dell'isola di Sicilia*, Mem. descr. Carta geol. d'Italia, I, Roma, 1886.

BLANC A. C.: *Delle formazioni quaternarie di Nettuno e loro correlazione con la stratigrafia dell'Agro Pontino*, Boll. Soc. geol. Ital., vol. LIV, Roma, 1935.

BONI A.: *Studi comparativi fra il Neogene del bacino di Vienna*

e quello del bacino Piemontese Ligure, Boll. Soc. geol. Ital., vol. LVI, Roma, 1937.

CACCIAMALI G. B.: *Le falde di copertura di Selvapiana e dei Tre Cornelli*, Brescia, Apolloni, 1915.

CAPELLINI G.: *Note esplicative della carta geologica dei dintorni del Golfo di Spezia e Val di Magra inferiore* (in 8° di 46 pag.), Roma, Tip. Nazionale, 1902.

CASTIGLIONI B.: *Il gruppo della Civetta* (pag. 84, tav. 3 e 1 carta geol.), Mem. Ist. geologico di Padova, vol. IX, Padova, 1931. — *Relazione sui rilevamenti geologici nella regione dolomitica*, Padova, Tip. Coop. 1935.

CHECCHIA RISPOLI G.: *Osservazioni geologiche sull'Appennino della Capitanata, I, II, III*, Giorn. Sc. Nat. ed Econom. di Palermo, XXIX, Palermo, 1912-14.

COLAMONICO C.: *Studi corologici sulla Puglia, I, II*, Bari, Stab. Tip. Frat. Pansini fu S., 1908-1911.

COMMISSIONE PER LO STUDIO DELLA TRIPOLITANIA: *La Tripolitania settentrionale*, vol. I, Roma, Bertero, 1913.

CORTESE E.: *Descrizione geologica della Calabria*, Mem. descr. Carta geol. d'Italia, IX, Roma, 1895. Con appendice DI STEFANO G.: *Osserv. geologiche sulla Calabria sett.* etc., Roma, 1904.

DAINELLI G.: *Appunti geologici sulla parte meridionale del Capo di Leuca*, Boll. Soc. geol. it., XX, 4, Roma, 1901. — *L'Eocene friulano*, pagg. 721 e 56 tav., Firenze, Ricci, 1915. — *La struttura delle Prealpi friulane*, Firenze, Ed. Memorie geografiche, 1921. — *La serie dei terreni*, Spediz. it. De Filippi nell'Imalaia, Caracorum e Turchestan cinese, 2, II, Bologna, 1933-34.

DAINELLI G., MARINELLI O.: *Risultati scientifici di un viaggio nella Colonia Eritrea*, Firenze, 1912.

DAL PIAZ G.: *Le Alpi feltrine*, Mem. R. Ist. Veneto, XXVII, 9, Venezia, 1907. — *Studi geotettonici sulle Alpi orientali*, pagg. 122 e 7 tav., Mem. Ist. geologico di Padova, vol. I, Padova, 1912.

DAL PIAZ G., DE TONI A.: *Relazione sullo studio dell'Albania*, Roma, S. I. P. S., Tip. Bertero, 1915.

DE LORENZO G.: *Studi di Geologia nell'Appennino meridionale*, Atti R. Accad. Sc. Fis. e Matem., Serie II, vol. VIII, Napoli, 1896. — *Studio geologico del M. Vulture*, Atti R. Accad. Sc. Napoli, II, X, 1, Napoli, 1900. — *Sull'origine superficiale dei vulcani*, Atti R. Acc. Sc. Napoli, II, XI, 7 Napoli, 1902. — *Geologia e Geografia fisica dell'Italia meridionale*, Bari, 1904.

DE LORENZO G., DAINELLI G.: *Il glaciale dei dintorni di Lagonegro*, Atti R. Acc. Scienze, Napoli, II, XVII, 1, Napoli, 1923.

DE LORENZO G., RIVA C.: *Il cratere di Vivara*, Atti R. Acc. Sc., Napoli, II, X, 8, Napoli, 1900.

DE LORENZO G., RIVA C.: *Il cratere di Astroni*, Atti R. Accad. Sc. Napoli, II, XI, 8, Napoli, 1902.

D'ERASMO G.: *I crateri della Pozzolana*, Atti R. Accad. Scienze,

Napoli, II, XIX, 1, Napoli, 1931. — *Studio geologico dei pozzi profondi della Campania*, Boll. Soc. naturalisti, Napoli, XLIII, Napoli, 1931.

D' ERASMO G.: *Il mare pliocenio nelle Puglie*, Mem. geol. geograf. di G. Dainelli, II, Firenze, 1934.

DESIO A.: *Studi geologici sulla regione dell'Albenza*, Mem. Soc. it. Sc. nat., X, 1, Milano, 1929. — *Le isole italiane dell'Egeo*, Mem. descr. Carta geol. d'Italia, XXIV, Roma, 1931. — *Appunti geografici e geologici sulla catena dello Zardeh Kuh in Persia*, Mem. geolog. e geograf. di S. Dainelli, II, Firenze, 1934.

DI LAMARMORA A.: *Viaggio in Sardegna*, Cagliari, Ed. Nuraghe, 1933.

DI STEFANO G.: *Osservazioni geologiche nella Calabria sett. e nel Circ. di Rossano*, Mem. descrittive d. Carta geol. d'Italia IX, appendice, Roma, 1904.

FABIANI R.: *Il Paleogene del Veneto*, pag. 336 e 9 tav. in Mem. Ist. geolog. di Padova, vol. III, Padova, 1915. — *La regione del Pasubio*, Pubbl. 110 del R. Mag. alle acque, Venezia, 1920.

FERUGLIO E.: *Le Prealpi tra l'Isonzo e l'Arzino*, Boll. Assoc. agraria friulana, Udine, 1925.

FRANCHI S.: *Sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi occidentali*, Boll. R. Comit. geol. d'Italia, anno 1898, n. 4. — *Ancora sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi occidentali*, Boll. R. Comit. geol. d'Italia, anno 1904, n. 2.

FUCINI A.: *Note illustrative della carta geologica del M. Cetona*, Pisa, Tip. Vannucchi, 1905. — *Studi geologici sul M. Pisano*, in Atti Accad. Gioenia 5, XIV, Catania, Galàtola, 1924.

MARINELLI O.: *Descrizione geologica dei dintorni di Tarcento in Friuli*, Pubblicaz. Ist. Studi Super. in Firenze, XLIII, 1902.

MARTELLI A.: *L'isola d'Ustica*, Mem. Soc. it. dei XL 3^a, XVII, Roma, 1912. — *Il gruppo eruttivo di Nisiro nell'Egeo*, Mem. Soc. it. dei XL 3^a, XX, Roma, 1917.

NANGERONI L. G.: *Rilevamento geologico della prov. di Varese*, Pubbl. Ist. tecnico Daverio, Varese, Tip. Nicola e C. s. d.

PLATANIA G.: *I fenomeni eruttivi dello Stromboli*, Ann. Uff. centr. di Metereol. e Geodin. XXX, Roma, 1910.

PONTE G.: *Studi sull'eruzione etnea del 1910*, Mem. R. Accad. Lincei 5^a, VIII, Roma, 1911.

PORRO C.: *Dal Pizzo dei Tre Signori al M. Pontepranica*, Mem. R. Ist. lombardo XXII, 5, Milano, 1933.

REDINI R.: *Contribuzione allo studio geologico del M. Pisano*, Boll. R. Uff. geologico LX, 1, Roma, 1935.

RISTORI G.: *Il bacino del Trasimeno*, Mem. Soc. dei XL, 3, XIII, Roma, 1905.

ROVERETO G.: *Sull'età degli scisti cristallini della Corsica*, Atti R. Accad. Scienze Torino, XLI, Torino, 1906. — *La serie degli scisti e delle serpentine antiche in Liguria*, Atti Soc. ligustica sc. nat.,

IV, 2, Genova, 1923. — *Il confine occidentale del massiccio gneissico del Savonese*, Boll. Soc. geol. it., LI, 2, Roma, 1932.

ROVERETO G., AIROLDI M.: *Note geomorfologiche e petrografiche sull'isola di Capraia*, Mem. R. Accad. Lincei, 6^a, V, 9, Roma, 1934.

SABBATINI V.: *I vulcani dell'Italia centrale e i loro prodotti*, Mem. descr. Carta geol. d'Italia, X, XV, Roma, 1900, 1912.

SACCO F.: *La Valle Padana*, pagg. 250, in Atti R. Accad. Agricoltura Torino, XLIII, 1900. — *L'Appennino settentrionale e centrale*, Torino, 1904. — *Il gruppo del Gran Sasso d'Italia*, Mem. R. Accad. Sc. Torino, 2, LIX, Torino, 1907. — *Il Molise. Schema geologico*, Boll. Soc. geol. Ital. XXVII, Roma, 1908. — *L'Appennino meridionale*, Boll. Soc. geol. Ital. XXIX, Roma, 1910. — *La Puglia. Schema geologico*, Boll. Soc. geol. Ital. XXIX, Roma, 1912. — *Schema geologico dell'Istria*, «L'Universo» V, 3, Firenze, I. G. M., 1924. — *Schema geologico del Biellese*, dal vol. «Il Biellese», Ivrea, Viassone, 1927. — *Gli studi glaciologici in Italia*, Roma, Libr. Stato, 1927.

SOC. GEOGR. ITALIANA: *Missione all'Oasi di Giarabub*. — DESIO, *La Geologia*, Roma, S. G. I., 1928. — *Fezzan e Oasi di Gat*, Soc. It. Arti Grafiche, Roma, 1937.

STEFANINI G.: *La Calabria e la sua storia geologica secondo un recente studio*, Riv. geograf. Ital., vol. XVI, Firenze, 1909. — *Il Neogene del Veneto*, pagg. 286 e 8 tav., in Mem. Ist. geolog. di Padova, vol. III, Padova, 1915. — *Saggio di una carta geologica dell'Eritrea, della Somalia e dell'Etiopia*, Cons. Naz. Ricerche. Geologia, Firenze, I. G. M. 1933. — *Struttura geologica della Cirenaica*, s. d. — *Le condizioni geologiche dell'Etiopia occidentale*, Etiopia occidentale, vol II, Roma, 1933. — *Il complesso eruttivo di Orciatice e Montecatini*, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., XLVI, Pisa, 1935.

STELLA A.: *Topografia, geologia ed acque nel Gebel tripolitano*, Miss. Franchetti in Tripolitania, Milano, Treves, 1914.

STELLA A., STARABBA F.: *Il cratere di S. Teresa*, Atti R. Accad. Sc. Napoli, 2^o, XIV, 7, Napoli, 1910.

UGOLINI R.: *Descrizione geologica dei monti d'oltre Serchio*, Pisa, Vannucci, 1905. — *Le pieghe dei monti livornesi e dei monti della Castellina*, I e II. Ann. Ist. sup. Agrario - forestale, 2, vol. 2 e 4, Firenze 1929, 1932.

WARDABASSO S.: *Profilo geomorfologico del massiccio Sardo-Corso*, Atti XII Congr. geografico, Cagliari, 1935.

VINASSA, RICCÒ, ARCIDIACONO, STELLA, TAFFARA, DE FIORE, *L'eruzione etnea del 1910*, Atti Accad. Gioenia, IV, Catania, 1912.

ZACCAGNA D.: *Itinerari geologici nella Tripolitania occidentale*, Mem. descr. Carta geol. d'Italia, XVIII, Roma, 1919. — *Descrizione geologica delle Alpi apuane*, Mem. descr. Carta geol. d'Italia, XXV, Roma, 1932.

LE NUOVE VEDUTE TETTONICHE NELLA REGIONE ALPINA

AMPFERER O.: *Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen*, « Jahrbuch geolog. Bundesanst. », V. LXXIII - LXXX, Vienna, 1923 - 30.

AMPFERER O., HAMMER W.: *Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen, vom Allgäu zum Gardasee*, « Jahrbuch geolog. Reichsanst. », v. 61, 1911.

ANDRETTA C.: *Analisi strutturale di rocce metamorfiche ed intrusive*, sei note in « Periodico di Mineralogia », Roma, 1932 - 35. — *La formazione gneissico - kinzigitica e le olivinita di Val d' Ultimo*, « Mem. Museo Storia Nat. Venezia Tridentina », v. III, Trento, 1935.

ARBENZ P.: *Der Gebirgsbau der Zentralschweiz*, « Verh. Schweiz. Naturfor. Gesell. », 1912. — *Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen*, « Heimfestschrift, Viertel. Naturfor. Gesell. Zürich », 1919.

ARGAND E.: *Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales et les territoires environnants*, « Matér. Carte géol. Suisse », N. S. livr. XXVII, carte spéciale N. 64, 1911. — *Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux*, « Matér. Carte géol. Suisse », N. S., XXXI livr., 1911. — *Sur l'arc des Alpes occidentales*, « Eclogae geologicae Helvetiae », v. XIV, 1916. — *La tectonique de l'Asie*, « Compte Rendu du XIII Congrès géol. Intern. », 1922 (Liegi, 1924).

BARETTI M.: *Geologia della Provincia di Torino*, Casanova, Torino, 1893.

BERTRAND M.: *Rapports des structures des Alpes de Glaris et du Bassin houiller du Nord*, « Bull. Soc. Géol. France », III, Sér. 12, 1884.

BIANCHI A.: *Studi petrografici sull'Alto Adige Orientale*, « Memorie Istit. Geol. Padova », v. X, 1934.

BIANCHI A., DAL PIAZ Gb.: *Atlante geologico - petrografico dell'Adamello meridionale*, con carta alla scala 1 : 12.500. « Memorie Istit. Geol. Padova », vol. XII, 1937.

VON BUBNOF S.: *Die Grundlagen der Deckentheorie in den Alpen*, « Schweizerbartscher Verlag. Stuttgart, 1921.

CACCIAMALI G. B.: *Morfogenesi delle Prealpi lombarde*, F.lli Geroldi, Brescia, 1930.

CADISCH J.: *Der Bau der Schweizeralpen, räumlich dargestellt und kurz erläutert*, Orell Füssli, Zurigo, 1925. — *Geologie der Schweizeralpen*, Beer, e Co, Zürich, 1934.

COLLET L. W.: *The structure of the Alps*, Londra, 1927.

CORNELIUS H. P.: *Zur Vorgeschichte der Alpenfaltung*, « Geologische Rundschau », v. XVI, 1925.

CORNELIUS H. P., FURLANI CORNELIUS M.: *Die insubrische Linie vom Tessin bis zum Tonalepass*, « Denkschr. Akad. Wiss. Wien », v. 102, 1930.

DAL PIAZ GIAMBATTISTA: *Geologia della catena Grand No-*

menon - Grivola - Herbetet, « Mem. Istit. Geol. Padova », vol. VII, 1928. — *Studi geologici sull'Alto Adige orientale e regioni limitrofe*, « Mem. Istit. Geol. Padova », vol. X, 1934. — *La struttura geologica delle Austridi*, cinque note in « Atti R. Istituto Veneto » Venezia, « Rend. R. Accad. Lincei » Roma, « Atti R. Accademia Scienze » Torino, « Studi Trentini di Scienze Naturali » Trento, 1936 - 37.

DAL PIAZ GIORGIO: *Studi geotettonici sulle Alpi Orientali*, « Mem. Istit. Geol. Padova », vol. I, 1912. — *Il confine alpino dinarico dall'Adamello al massiccio di Monte Croce nell'Alto Adige*, « Atti Accad. Scient. Veneto - Trentino - Istriana », v. XVII, Padova, 1926. — *Articolo Alpi (Geologia)*, in « Enciclopedia Italiana », vol. II, 1929, p. 594.

FABIANI R.: *Il Paleogene del Veneto*, « Mem. Istit. Geol. Padova », v. III, 1915.

FRANCHI S.: *Sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi Occidentali*, « Boll. R. Comitato Geol. d'Italia », v. XXIX, 1898. — *Contribuzione allo studio delle rocce a glaucofane e del metamorfismo onde ebbero origine nella regione ligure - alpina occidentale*, « Boll. R. Comitato Geol. d'Italia », 1902.

GASTALDI B.: *Studi geologici sulle Alpi occidentali*, « Mem. per servire alla descrizione della Carta Geologica d'Italia », v. I e II, 1871 e 1874.

HAUG E.: *Les grands charriages de l'Embrunais dans les Alpes Occidentales*, Wien, 1903. — *Les nappes de charriage des Alpes calcaires septentrionales*, « Bull. Soc. Géol. France », 1905.

HEIM AL.: *Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung*, 1878. — *Geologie der Schweiz*, Lipsia, Tauchnitz, 1919 - 22.

HERITSCH F.: *Die Grundlagen der alpinen Tektonik*, Borntraeger, Berlin, 1923. — *Die Deckentheorie in den Alpen*, « Fortschritte der Geologie und Palaeontologie », 1927.

HERMANN F.: *Sulla tectonica valdostana*, « Mem. Istit. Geol. Padova », v. VII, 1928.

HERMANN F., RAGUIN E.: *Studi geologici nelle Alpi Occidentali (4 - 8)*, « Mem. Istit. Geol. Padova », v. VIII, 1930.

JENNY H.: *Die alpine Faltung*, « Borntraeger », Berlino, 1924.

KILIAN W., REVIL: *Etudes géologiques dans les Alpes Occidentales*, « Mem. Carte Géol. France », 1905, 1908.

KOBER L.: *Bau und Entstehung der Alpen*, Borntraeger, Berlin, 1923. — *Das alpine Europa*, Borntraeger, Berlin, 1931.

LUGEON M.: *Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse*, « Bull. Soc. Géol. France », 1901. — *Les nappes de recouvrement de la Tatra et l'origine des klippen des Carpathes*, « Bull. Labor. Géol. Lausanne », 1903. — *Les hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander*, « Mat. Carte Géol. Suisse », XXX, 1916, ecc.

LUGEON M., ARGAND E.: *Sur les grandes nappes de recouvrement de la zône du Piémont*, « Compt. Rend. Acad. Science », Parigi,

1905. — *Sur les omologies dans les nappes de recouvrement de la zone du Piemont*, « C. R. Ac. Science », v. 140, 1905.

R. MAGISTRATO ALLE ACQUE: *Carta Geologica delle Tre Venezie*. Fogli alla scala 1: 100.000, con relativi fascicoli di Note illustrative. Inoltre numerose carte speciali a scala diversa.

NOVARESE V.: *La zona del Canavese e le formazioni adiacenti*, « Mem. descrittive della Carta geol. d'Italia », v. XXII, 1929.

SALOMON W.: *Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitischkörnigen Massen*, « Tschermak's Mineralog. und Petrogr. Mitteil. », v. XVII, Vienna, 1898.

SANDER B.: *Erläuterungen zur geologischen Karte Meran - Brixen*, « Schlernschriften », Innsbruck, 1929. — *Gefügekunde der Gesteine*, Wien, 1930.

SCHARDT H.: *Sur l'origine des Préalpes Romandes*, « Arch. Sc. ph. et nat. », Genève, 1903. — *Note sur le profil géol. et la tectonique du Simplon*, « Eclogae geologicae Helvetiae », 1904.

SISMONDA A.: *Notizie e schiarimenti sulla costituzione delle Alpi Piemontesi*, « Mem. dell'Acc. delle Sc. di Torino », ser. II, v. II, 1845.

SOC. GÉOLOGIQUE SUISSE: *Guide géologique de la Suisse*, Bâsile, 1934.

STAUB R.: *Der Bau der Alpen*, « Beiträge geologisch. Karte der Schweiz », N. F. 52 Lief., Bern, 1924. — *Der Bewegungsmechanismus der Erde*, Borntraeger, Berlino, 1928.

STEFANINI G.: *Il Neogene del Veneto*, « Mem. Istit. Geol. Padova », v. III, 1915.

STEINMANN G.: *Alpen und Apennin*, « Monatsber. Deutsche Geol. Gesell. », 1907. — *Die Bedeutung der jüngeren Granite in den Alpen*, « Geol. Rundschau », 1913.

STELLA A.: *Il problema geotettonico dell'Ossola e del Sempione*, « Boll. R. Comit. Geol. d'Italia », 1905.

SUCESS E.: *Entstehung der Alpen*, « Wilh. Braumüller, Wien 1875. — *Das Antlitz der Erde*, I, II e III, 1910; *La face de la Terre*, I, II e III, 1918.

TARAMELLI T.: *Il Canton Ticino meridionale e i paesi finitimi*, « Beitr. geol. Karte d. Schweiz », v. XVII, Bern, 1880. — *Geologia delle Provincie Venete*, « Mem. R. Acc. Lincei », v. XIII, Roma, 1881. — *Carta geologica della Regione dei tre Laghi*, Ferd. Sacchi e Figli, Milano, 1903.

TERMIER P.: *Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes*, « Bullet. Soc. Géol. France », 4 sér., v. III, 1903. — *Sur la nécessité d'une nouvelle interprétation de la tectonique des Alpes franco-italiennes*, « Bullet. Soc. Géol. France », 4 sér. v. 7, 1907. — *A la Gloire de la Terre*, Paris, 1922. — *La vocation de savant*, Desclée, de Brouwer e C., Paris, 1929.

R. UFFICIO GEOLOGICO: *Carta Geologica delle Alpi Occidentali*, alla scala 1: 400.000, 1908. — *Carta Geologica d'Italia*, alla scala 1: 100.000. Fogli relativi alle Alpi.

UHLIG V.: *Der Deckenbau der Ostalpen*, « Mitteil. geol. Gesellsch. in Wien », v. II, 1909.

VINASSA DE REGNY P.: *Sull'estensione del Carbonifero superiore nelle Alpi Carniche*, « Boll. Soc. Geol. Italiana », v. XXV, 1906.

VINASSA DE REGNY P., GORTANI M.: *Le Paléozoïque des Alpes Carniques*, « Compte Rendu du XI Congrès Géol. Intern. », 1910.

LA MORFOLOGIA TERRESTRE NEI SUOI RAPPORTI CON LA GEOLOGIA

ALMAGIÀ R.: *Studi geografici sulle frane in Italia*, Mem. R. Soc. Geogr. Ital., Roma, 1910.

BARATTA M.: *Il Carso*, R. Soc. Geogr. Ital., Roma, 1917.

BIASUTTI R.: *Note morfologiche e idrografiche sulla Terra di Otranto*, Riv. Geogr. Ital., 1911.

CAPEDER G.: *Sui fenomeni di erosione nei dintorni di Bra e di Castellamonte*, Boll. Soc. Geol. Ital., 1889.

CASTIGLIONI B.: *Ricerche geomorfologiche nei terreni pliocenici dell'Italia centrale*, Istit. Geogr., R. Università, Roma, 1935.

COLAMONICO C.: *Il Palo d'Altamura*, « Mondo Sotterr. », 1916.

COZZAGLIO A.: *Sull'origine neogenica della Val Trompia e della Val Canonica*, Comm. Ateneo Bresciano, Brescia, 1916. — *Del sollevamento tra l'Adda e l'Adige*, Comm. Ateneo Bresciano, Brescia, 1933.

CUMIN G.: *L'Istria montuosa*, « L'Universo », Firenze, 1927.

DAINELLI G.: *Di alcune forme di disfacimento nella Trachite del Monte Amiata*, Riv. Geogr. Ital., 1910. — *Le Meteore di Tessaglia*, Mem. Geogr., G. Dainelli, n. 13, Firenze, 1910. — *Morfologia terrestre*, Enciclopedia ital., 1924.

DAINELLI G., MARINELLI O.: *Sculture alveolari nelle arenarie e in altre rocce*, Mem. Geogr., G. Dainelli, n. 32, Firenze, 1916.

DAINELLI G., VIDESOTT P.: *Il mare pliocenico nella Toscana meridionale*, Mem. Geogr. e Geol., G. Dainelli, I, Firenze, 1929 - 30.

DE AMBROSIS D.: *Influenze della tettonica, della litologia e del vulcanismo sul terreno*, S. Lattes, Torino, 1933.

DE GASPERI G. B.: *Sulle forme di erosione nelle crete senesi*, Riv. Geol. Ital., Firenze, 1914. — *Grotte e voragini del Friuli*, Mem. Geogr., G. Dainelli, Firenze, 1916.

DE LORENZO G.: *Studi geologici nell'Appennino meridionale*, Atti R. Accad. Sc., Napoli, 1896.

DE MARCHI L.: *Trattato di Geografia fisica*, F. Vallardi, Milano, 1901. — *L'idrografia dei Colli Euganei nei suoi rapporti colla geologia e colla morfologia della regione*, Mem. R. Istit. Veneto, 1905. — *Sull'idrografia Carsica nell'Altopiano dei Sette Comuni*, Mag. Acque, Venezia, 1911.

D'ERASMO G.: *Il mare pliocenico nella Puglia*, Mem. Geogr. e Geol., G. Dainelli, IV, Firenze, 1934.

DESIO A.: *L'orografia del bacino del Fella*, Boll. R. Soc. Geogr., Roma, 1929.

DE STEFANI G.: *Le recenti teoriche americane*, Atti Soc. Ital. Progr. Sc., Siena, 1913.

GORTANI M.: *Terra rossa, bauxite, laterite*, Giorn. Geol. Prat., 1913.

MARINELLI O.: *Studi orografici nelle Alpi orientali*, Mem. Soc. Geogr. Ital., 1898. — *Fenomeni carsici nelle regioni gessose d'Italia*, Mem. Geogr., G. Dainelli, Firenze, 1917. — *La regione del Monte Amiata*, Mem. Geogr., G. Dainelli, 1919. — *Atlante dei tipi geografici*, Istit. Geograf. Mil. Ital., Firenze, 1924.

MARTELLI A.: *Le balze di Volterra*, Riv. Geogr. Ital., 1908.

MERLA G.: *Osservazioni morfologiche e tettoniche sugli Altipiani Ampezzani*, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., 1931.

MINUCCI E.: *Il mare pliocenico nella Campania*, Mem. Geogr. e Geol., G. Dainelli, III, Firenze, 1932.

MÓNTERIN U.: *La morfologia dell'alta Val d'Ayas*, « L'Universo », Firenze, 1924.

NANGERONI G.: *La morfologia dei monti di Val Malenco in rapporto alla struttura geolitologica*, Boll. R. Soc. Geogr. Ital., 1931. — *Note geomorfologiche sulla Valle del Dezzo*, « Natura », 1932. — *Geologia della provincia di Varese*, R. Istit. Tecnico, Varese, 1932.

ROVERETO G.: *Geomorfologia delle coste*, Genova, 1902.

SABBATINI V.: *I vulcani Cimini*, Mem. descritt. Carta Geol. Ital., 1912.

SALMOIRAGHI F.: *Le piramidi di erosione e i terreni glaciali di Zone*, Riv. Geogr. Ital., 1895.

SESTINI A.: *La regione delle Cerbaie*, « L'Universo », Firenze, 1929. — *Il mare pliocenico nella Toscana meridionale*, Mem. Geograf. e Geol., G. Dainelli, II, Firenze, 1931.

TARAMELLI T.: *I tre laghi*, Artaria, Milano, 1903.

TONIOLO R.: *Carta della permeabilità delle rocce nel bacino dell'Alpago*, Magistr. Acque, n. 10, Venezia, 1910. — *Il Colle del Montello*, Mem. Geogr., G. Dainelli, Firenze, 1907.

UGOLINI R.: *Sulla erodibilità delle rocce come fattore morfologico e sull'indice di erodibilità di alcune rocce italiane*, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., 1919. — *Sull'indice di evoluzione dei rilievi tettonici*, « Universo », Firenze, 1920.

VANNI M.: *Le colline porfiriche e granitiche del Biellese orientale*, « La Geografia », Novara, 1917.

VARDABASSO S.: *Visioni geomorfologiche della Sardegna*, Cagliari, 1934.

VILLA G. M.: *Ricerche geomorfologiche nel territorio marchigiano compreso tra il Potenza e l'Esino*, Riv. Geograf. Ital., Firenze, 1937.

ZUFFARDI P.: *Geomorfologia delle colline di Torino*, Mem. Accad. Sc., Torino, 1914 - 15.

GEOLOGIA APPLICATA

GEOLOGIA IDROLOGICA

BOEGAN E.: *Le sorgenti di Aurisina*, Rassegna Soc. Alpina delle Giulie, X, Trieste, 1906.

BONI A.: *L'alto bacino orientale del Piave*, Mem. del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., vol. XXIII - XIV, 6, Milano, 1937.

CANAVARI M.: *Relazioni della Comm. tecnica per lo studio delle condizioni del campanile di Pisa*. - *Studi geologici del sottosuolo*, Tip. Galileiana, Firenze, 1913. — *Le sorgenti di Montecatini di fronte alla Geologia*, « Terme e Riviere », XXI, Pisa, 1923.

CASARDI F.: *Le condizioni idrologiche della prov. di Bari*, Giorn. Geol. pratica, VI.

CIOFALO M.: *Studio idrogeologico delle sorgenti termo - minerali di Termini Imerese*, Di Carlo, Palermo, 1924.

COLACICCO G.: *Le acque artesiane del Tavoliere*, Bari, 1933.

CREMA C.: *Acque salienti della Liguria orientale e della Lunigiana*, Boll. R. Comit. Geol., XLII, Roma, 1912.

DE STEFANI C.: *I terreni e le acque cloro - sodiche della Salute in Livorno*, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., XXIII, Pisa, 1907.

DI LONARDO G.: *Le acque sotterranee del Tavoliere foggiano*, Servizio idrografico 18, I, Regione pugliese, Bari, 1935.

GORTANI M.: *Le foreste e le acque*, I. - *I fatti sintetici*, Giornale di Geologia pratica, XI, XII, Udine, 1914.

LAMPARELLI M.: *Idrografia sotterranea della prov. di Bari*, Olivero e C., Torino, 1909.

MASINI R.: *Studi idrogeologici sulla Valle Pedogna*, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., 36, Pisa, 1925.

MERCIAI G.: *Le acque termali di Caldana presso Campiglia Marittima*, Mariotti, Pisa, 1904.

PANTANELLI D.: *Andamento delle acque sotterranee dei dintorni di Modena*, Mem. R. Accademia di Modena, 3^a, V, Modena, 1903.

PREZIOTTI A.: *Le acque sotterranee della parte nordica della Valle Folignate*, Giorn. Geol. pratica, VII, Perugia, 1909.

SACCO F.: *Geidrologia dei pozzi profondi della Valle padana*, Mem. R. Accad. Agricoltura, I. IV, Torino, 1912. Appendice e bibliografia. Ministero LL. PP., Uff. del Po, Torino, 1924. Min. Lavori Pubbl. Serv. idrografico del Po, III, 9, Roma, 1933.

STELLA A.: *Sulla idrologia sotterranea della pianura del Po*, Mem. descr. Carta geol. d'Italia, XVII, Roma, 1915.

TARAMELLI T.: *Le sorgenti del Sele e l'acquedotto pugliese dal lato geologico*, Boll. Soc. Ingegneri e Architetti, n. 19, Roma, 1905.

TELLINI A.: *Le acque sotterranee del Friuli*, Ann. R. Ist. Tecnico, 2^a, vol. 16 - 18, Udine, 1900.

UGOLINI R.: *Contributo allo studio geologico del sottosuolo della pian. pisana*, Ann. Univ. toscane, XXVIII, Pisa, 1908.

VERRI A.: *Sorgenti, estuario e canale del fiume Sarno*, Cuggiani, Roma, 1902.

VINASSA DE REGNY P.: *La sorgente acidulo-alcalina-litiosa di Uliveto* (Pisa), 2^a edizione, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., XVII, Pisa, 1900.

GEOLOGIA AGRARIA

DE ANGELIS D'OSSAT: *Karte der landwirtschaftlichen Böden Italiens*, Deutsch. Kalisyndicat, 17, Berlin, 1928.

DESIO A.: *La potenzialità agricola dell'isole del Dodecaneso e i suoi rapporti con la costituzione geologica*, Agricoltura coloniale, XVII, XVIII, Firenze, 1923 - 24.

CACCIAMALI G. B.: *Studio geologico - viticolo della parte bresciana dell'anfiteatro morenico benacense*. I - III, Longhi, Brescia, 1908, 1909, 1910.

CANAVARI I.: *La carta geo - agronomica di Casalina* (Perugia), Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., XXIX, Pisa, 1913.

CANAVARI M.: *Rapporto sulle condizioni geologiche del Comune di Calci*. - *Secondo rapporto sulle condizioni geologiche in relazione al vincolo forestale del territorio calcesano*, Pisa, Mariotti, 1896 e Nistri, 1902.

COMEL A.: *Carta dei terreni agrari della Prov. di Udine*, Atti XIII Congr. geogr. ital., Udine, 1938. — Numerose note sulle terre gialle, rosse, nere, in Boll. Soc. geol. ital., Roma.

FERUGLIO D. e G.: *Contributo allo studio delle carte agronomiche del Friuli*, Boll. Ass. agraria friulana, Udine, 1908.

FERUGLIO D., COMEL A.: *I terreni dei Colli Euganei*, Ann. Catt. amb. di Agricoltura di Padova, X, Padova, 1932.

GORTANI M.: *Terra rossa, bauxite e laterite*, Giorn. Geol. pratica, XI, Perugia, 1913.

ORZI D.: *I terreni agrari del territorio di Grotte di Castro*, Giorn. di Geol. pratica, II, Perugia, 1906.

PRINCIPI P.: *Osservazioni sui terreni agrari della Somalia italiana meridionale*, Giorn. Geol. pratica, XI, Parma, 1913.

RUBINI, DE GASPERI G. B., FERUGLIO D., MUSSI V.: *I dintorni di Cividale del Friuli*, Boll. Assoc. Agraria friulana, Udine, 1909.

STELLA A.: *Il Montello*, Mem. descr. della Carta geologica d'Italia, XI, Roma, 1902.

UGOLINI R.: *Il bosco e il pascolo nella montagna camerinese*, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., XXIX, Pisa, 1913. — *Le rocce della Toscana come base di una valutazione razionale della produzione lorda dei suoi terreni agrari*. Parte I, *Le zone calcaree*; parte II, *Le zone silicee*, Boll. R. Ist. sup. Agrario, VIII, Pisa, 1930 - 32.

VINASSA DE REGNY P.: *Sull'origine della Terra rossa*, Boll. Soc. geol. Ital., XXIII, Roma, 1904.

GEOLOGIA FERROVIARIA

BALDACCI L., FRANCHI S.: *Studio geologico della galleria del Colle di Tenda*, Boll. R. Comit. geol., Roma, 1900.

CORRADI C.: *Studi geognostici riguardanti casi di rocce instabili*, Riv. tecn. ferrov. ital., XLII, Roma, 1932.

FIGARI L.: *Sul futuro valico appenninico per il servizio del Porto di Genova*, Giorn. geol. prat., IV, Perugia, 1905.

SACCO F.: *Studio geologico comparativo di due progetti di linee attraverso l'Appennino ligure*, Narcisi, Genova, 1903. — *Il gruppo del Ceniso - Ambin - Frejus*, Com. Pro Ceniso, Baravalle, Torino, 1910.

SOC. IT. STRADE FERRATE MERIDIONALI (Rete Adriatica): *Note I e II sulla struttura dei terreni considerate riguardo ai lavori ferroviari eseguiti dalla Società*, Autografia, Ancona e Roma, 1901 - 10.

GEOTERMICA

GINORI - CONTI G.: *Utilizzazione dei soffioni boraciferi*, Centetti, Firenze, 1936.

NASINI R.: *I soffioni e i lagoni della Toscana*, Tip. Edit. Italia, (fuori commercio), Roma, 1930

GEOLOGIA MILITARE

ANSELMINI R.: *La geologia nell'arte militare modernissima*, Atti Soc. ligustica Sc. Nat. e Geogr., XXXI, pag. 57-71, Genova, 1921.

CRAVERI M.: *La conoscenza geologica del terreno nella guerra moderna*, Boll. Soc. Geol. It., XXXV, pag. 43 - 79, Roma, 1916.

FOSSA - MANCINI E.: *Storia della geologia militare*, Giorn. di Geol. pratica, XX, 3 - 4, Imola, 1925. — *Geologia militare in tempo di pace*, Giorn. Geol. pratica, XV, pag. 16 - 20, Pisa, 1920.

GORTANI M.: *La geologia e la guerra di posizione*, Atti Soc. It. Progr. Scienze, X, Roma, 1919.

NIEVO I.: *Metodo geologico nello studio militare del terreno*, Riv. milit. ital., 1908.

SACCO F.: *La geologia e la guerra*, Saggi Astron. pop. VI, Torino, 1916.

PALEONTOLOGIA

A) PALEONTOLOGIA GENERALE

AIRAGHI C.: *Sui molari d'elefante delle alluvioni lombarde con osservazioni sulla filogenia e scomparsa di alcuni proboscidiati*, Atti Soc. It. Sc. Nat., vol. LVI, Milano, 1917.

BONI A.: *Studi statistici sulle popolazioni fossili*, Riv. Ital. di Paleontologia, Suppl. anno XL, Pavia, 1935.

ROSA: *L'Ologenisi*, Firenze, 1918

VINASSA DE REGNY P.: *Considerazioni sulla variabilità della conchiglia dei molluschi*, Mem. Accad. Sc. Bologna, X, Bologna, 1902. — *L'Antagonismo*, Pavia, 1929.

ZUNINI G.: *La morte della specie*, Riv. Ital. di Paleontologia, anno XXXIX, Pavia, 1933.

B) PALEONTOLOGIA ZOOLOGICA

BASSOLI G. G.: *Otoliti fossili terziari dell' Emilia*, Riv. Ital. di Paleontologia, XII, Perugia, 1906.

BONI A.: *Osservazioni preliminari su alcuni fossili alla luce di Wood*, Riv. Ital. di Paleontologia, XLIV, Pavia, 1938.

CAPEDER G.: *Contribuzione alla conoscenza della origine di alcuni rilievi e di alcune impronte organiche e fisiologiche fossili*, Boll. Soc. Geolog. Ital., XXIV, Roma, 1904.

CATERINI F.: *Che cosa sono i Nemerteliti?*, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., vol. 36, Pisa, 1925.

CECCHIA - RISPOLI G.: *Osservazioni sulla morfologia interna dei Clipeastri e loro classificazione*, Palaeontographia Italica, XXVI (1920), Pisa, 1923. — *Illustrazione dei Clipeastri miocenici della Calabria seguita da uno studio sulla morfologia interna e sulla classificazione dei clipeastri*, Mem. p. serv. la descr. d. Carta Geol. d' Italia, vol. IX, Roma, 1925.

D' ERASMO G.: *Incrostazioni calcaree simulanti organismi fossili*, Rend. R. Accad. Scienze di Napoli, Napoli, 1937.

DESIO A.: *Sopra una Lorenzina del Flysch dei dintorni di Firenze*, Riv. Ital. di Paleontologia, Parma, 1923.

DE ALESSANDRI G.: *Studi monografici sui Cirripedi fossili d' Italia*, Palaeontographia Italica, XII, Pisa, 1906.

FOSSA - MANCINI E.: *Sulla struttura della Corona di alcuni Ananchytidae e sulla posizione del genere Ananchothuria*, Riv. Ital. di Paleontologia, Parma, 1919. — *Un singolare echinoide mesozoico dell' Appennino centrale (Ananchothuria)*, Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Memorie, vol. XXXIII, Pisa, 1919.

FUCINI A.: *Polyplacophora del Lias inferiore della Montagna del Casale*, Palaeontographia Italica, XVIII, Pisa, 1912. — *Pennatulidi del Lias inferiore del Casale in provincia di Palermo*, Mem. Accad. Gioenia di Sc. Nat., Ser. V, vol. VIII, Catania, 1913. — *Problematica verrucana*. Parte I, II, Palaeontographia Italica, Append. I, Pisa, 1936-38.

PARONA C. F., ZUFFARDI - COMERCI R.: *Somalica aenigmatica*. - *Ancora sulla Somalica aenigmatica*, Palaeontographia Italica, XXXII, 2, 3, Pisa, 1931 - 38.

PATRINI P.: *Stromatoporidi devoniani di Scogliera del Gerolstein (Prussia Renana)*, Riv. Ital. di Paleontologia, XXXVI, Pavia, 1930.

PIERAGNOLI L.: *Otoliti plioceniche della Toscana*, Riv. Ital. di Paleontologia, Parma, 1919. — *Ossa patologiche nella grotta di Equi in Lunigiana*, Palaeontographia Italica, vol. XXV, Pisa, 1919.

PRINCIPI P.: *Contributo allo studio dei Radiolari miocenici italiani*, Boll. Soc. geolog. Ital., vol. XXVIII, 1909.

REDINI R.: *Raffigurazioni prodotte da cristalli di ghiaccio*, Riv. Ital. di Paleontologia, anno XL, Pavia, 1934.

ROVERETO G.: *Contributo allo studio dei Vermeti fossili*, Boll. Soc. geol. Ital., XXIII, Roma, 1903. — *Studi monografici sugli Anelidi fossili. - I. Terziario*, Palaeontographia Italica, vol. X, Pisa, 1904, geolog. Ital., vol. XLI, Roma, 1923.

SCALIA S.: *Può la Calceola sandalina Lam. essere ragionevolmente considerata come un polipaio fornito di opercolo?*, Boll. Soc. Geolog. Ital., vol. XLI, Roma, 1923.

SCATIZZI I.: *Sulla struttura di alcuni « Aptychus » e sulla posizione sistematica del tipo*, Riv. Ital. di Paleontologia, anno XL, Pavia, 1935.

SILVESTRI A.: *Intorno alla struttura di alcune Glanduline siciliane*, Atti Accad. Zelanti Acireale, vol. X, 1899 - 900. — *Sulla Conulites Cooki del Carter*, Riv. Ital. di Paleontologia, vol. XXXIII, Pavia, 1927. — *Sulla vera natura del « Palaeodictyon »*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXX, Roma, 1911. — *Forme poco conosciute del Devoniano, del Carbonifero e del Permiano*, Mem. Pont. Accad. Nuovi Lincei, XIV, 1930.

SIMONELLI V.: *Intorno alcune singolari paleoicniti del Flysch appenninico*, Mem. R. Accad. Sc. di Bologna, Bologna, 1905.

STEFANINI G.: *Conoclipeidi e Cassidulidi conoclipeiformi*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXVI, 1907. — *Osservazioni sulla distribuzione geografica, sulla origine e sulla filogenesi degli Scutellidæ*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXX, Roma, 1911. — *Contributo degli studi echinologici ad alcuni problemi di paleogeografia*, Riv. Geogr. Ital., Firenze, 1911.

TARICCO M.: *Una Medusa dell'Ordoviciano di Sardegna*, Boll. R. Ufficio Geologico, LI, Roma, 1926.

VINASSA DE REGNY P.: *Studi sulle Idractinie fossili*, Mem. R. Accad. Lincei, anno CCXCVI, Roma, 1899. — *Sulla classificazione dei Treptostomidi*, Atti Soc. Ital. Sc. Nat., 1919.

C) PALEONTOLOGIA CRONOLOGICA

A) Gruppi e generi di fossili.

Allo scopo di alleggerire l'elenco bibliografico, per alcuni autori, si rimanda alla bibliografia completa contenuta nella notizia commemorativa citata.

AIRAGHI C.: *Echinidi terziari del Piemonte e della Liguria*, Palaeontographia Italica, vol. VII, Pisa, 1901. — *Gli orsi fossili della Lombardia con osservazioni filogeniche*, Atti Soc. Ital. Sc. Nat., vol. LXI, Milano, 1923. — *Considerazioni filogenetiche sui rinoceronti d'Europa*, Riv. Ital. di Paleontologia, vol. XXXII, Pavia, 1926.

ALBUS L.: *Nuove ricerche sui crinoidi miocenici della collina di Torino*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XLIX, Roma, 1931.

BASSANI F.: (Bibliografia in: G. D' Erasmo). Boll. Soc. Geol. Ital., XXXV, Roma, 1916.

BONARELLI G.: *Cefalopodi sinemuriani dell'Appennino Centrale*, Palaeontogr. Italica, vol. V, Pisa, 1900.

BONI A.: *Vertebrati retici italiani*, Mem. R. Accad. Naz. Lincei, (6) 6, Roma, 1937. — *Il Lepidopus brevicauda von Rath del Museo di Pavia*, Palaeontographia Italica, vol. 37, Pisa, 1937.

BRENTANA D.: *Contributo allo studio dei bovini preistorici*, R. Istituto Super. di Medicina Veterinaria di Parma, 1927, Torino. — *Contributo allo studio dei cani preistorici con speciale riguardo ai cani della Terramara di Parma*, L'Ateneo Parmense, vol. 3^o, Parma, 1931.

CANAVARI M.: (Bibliografia in: G. D'Achiardi). Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., XXXIX, Pisa, 1929.

CANAVERI G. A.: *Spicole di Spongiari fossili di Capo San Marco (Sardegna)*, Mem. R. Ist. Veneto, XXVIII, Venezia, 1910.

CAPEDER G.: *Contribuzione allo studio degli Entomostraci dei terreni pliocenici del Piemonte e della Liguria* (con 1 tav.). Atti R. Accad. di Scienze di Torino, vol. XXXV, 1899.

CARNEVALE P.: *Radiolarie e silicoflagellati di Bergonzano (Reggio Emilia)*, Mem. R. Istit. Veneto di Sc. Lett. ed Arti, vol. XXVII, Venezia 1908.

CATERINI F.: *Contributo alla conoscenza della Fauna di Vallebibiaia (Colline Pisane). Lamellibranchi anisomiari*, Atti Società Toscana di Sc. Nat. (Memorie), vol. 37, Pisa, 1927.

CERULLI - IRELLI S.: *Fauna malacologica mariana*, Palaeontographia Italica, Pisa, 1907 - 1912.

CHECCHIA RISPOLI G.: *I foraminiferi eocenici del gruppo del M. Judica e dei dintorni di Catenanuova (Catania)*, Boll. Accad. Gioenia Sc. Nat., XXIII, Catania 1903. — *I Crostacei dell'Eocene dei dintorni di Monreale in provincia di Palermo*, Estratto dal Giornale di Sc. Nat. ed Econom. di Palermo, vol. XXV, 1905. — *Sopra alcune Alveoline eoceniche della Sicilia*, Palaeontographia Italica, vol. XI, Pisa, 1905. — *Sulla diffusione geologica delle Lepidocicline*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXVX, Roma, 1906. — *Gli Echinidi viventi e fossili della Sicilia, Parte I^a*, Palaeontographia Italica, Pisa, 1907-1917. — *La serie nummulitica dei dintorni di Termini - Imerese, I, II*, Gior. di Sc. Nat. ed Econ. di Palermo, vol. XXVII, Palermo, 1909. — *L'Eocene dei dintorni di Roseto Valfortore e considerazioni sulla sua fauna*, Boll. R. Comitato Geologico d'Italia, vol. XLVI, Roma, 1916. — *Considerazioni paleontologiche sull'Eocene dei dintorni di Castelluccio Valmaggiore (Capitanata)*, Mem. R. Accad. Naz. dei Lincei, sez. VI, vol. I, Roma, 1925. — *Di un nuovo genere di Pristidae del Cretaceo superiore della Tripolitania*, Mem. Cl. Sc. Fisic. Matem. e Natur., R. Accad. d'Italia, vol. IV, Roma, 1933. — *Echinidi cretacei della Tripolitania*, Boll. R. Ufficio Geolog., LVIII, Roma, 1933. — *Illustrazione di alcuni Echinidi del Maestrichtiano della Tripolitania raccolti da Ignazio Sanfilippo*, Mem. della Soc. Geolog. Ital., vol. I, 1933.

CIPOLLA F.: *Briozoi fossili della Cirenaica*, Boll. R. Ufficio Geologico d'Italia, vol. 51, 1926.

DE ALESSANDRI G.: *Studii sui pesci triassici della Lombardia*, Mem. Soc. Ital. Sc. Nat., vol. II, Milano, 1910.

DE ANGELIS D'OSSAT G.: *Coralli del Cretacico inferiore della Catalogna*, Palaeontographia Italica, X, Pisa, 1905.

DEGLI INNOCENTI G.: *Le radiolarie dei diaspri di Rivara Canavese*, Boll. Soc. Geolog. Ital., XLVI, Roma, 1927.

DEL CAMPANA D.: *I Tapiri del Terziario italiano*, Palaeontographia Italica, XVI, Pisa, 1910. — *Sopra un cranio e una mandibola del quaternario di Toscana attribuiti al « Canis lupus Linn. »*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXIX, Roma, 1910. — *I cani pliocenici di Toscana*, Palaeontographia Italica, vol. XIX, Pisa, 1913. — *Nuove ricerche sui Felini del Pliocene italiano*, Palaeontographia Italica, vol. XXI, XXII, Pisa, 1915 - 16. — *Considerazioni sulle Antilopi Terziarie della Toscana*, Palaeontographia Italica, vol. XXIV, Pisa, 1919. — *Impronte di penne nei travertini*, Riv. Ital. di Paleontologia, vol. XXXI, Pavia, 1925.

DE LORENZO G., D'ERASMO G.: *L' Elephas antiquus nell' Italia meridionale*, R. Accad. Sc. Fisic. e Matem. di Napoli, XVII, 1926. — *Avanzi di Ippopotamo dell' Italia meridionale*, Atti della R. Accad. Sc. Fisiche e Matem. di Napoli, 1935.

D'ERASMO G.: *Sopra alcuni avanzi di pesci cretacei della provincia di Lecce*, Atti R. Accad. delle Sc. Fis. e Nat. di Napoli, Napoli, 1911. — *La fauna e l'età dei calcari a Ittioliti di Pietraroaia (prov. di Benevento)*, Palaeontographia Italica, vol. XX, Pisa, 1914. — *Catalogo dei Pesci fossili delle tre Venezie*, Mem. Ist. Geolog. R. Univ. di Padova, VI, Padova, 1919. — *Contributo all' Ittiologia dell' Italia meridionale*, I, II, III, Rend. R. Accad. delle Sc. Napoli, 3, XXVIII, Napoli, 1921. — *Ittioliti miocenici di Rosignano - Piemonte e di Vignale*, Mem. descritt. Carta geolog. d'Italia, vol. IX, Roma, 1924. — *Studi sui pesci neogenici d' Italia*, Atti R. Accad. di Napoli, 1929 - 1930. — *L' Elephas meridionalis nell' Abruzzo e nella Lucania*, R. Accad. delle Sc. Fis. Matem. di Napoli, ser. 2^a, 1930.

DE STEFANO G.: *Osservazioni sulle piastre di alcuni Myliobates viventi e fossili*, Atti Soc. Ital. Sc. Nat., vol. LIII, Pavia, 1914.

DI STEFANO G.: Bibliografia in: M. Gemmellaro. Giorn. Sc. Nat. ed Econom., XXXII, Palermo, 1918.

DAL PIAZ G.: *Sopra alcuni resti di Squalodon dell' arenaria miocenica di Belluno*, Palaeontographia Italica, VI, Pisa, 1901. — *Neosqualodon; nuovo genere della famiglia Squalodontidi*, Mem. della Soc. paléontol. Suisse, vol. XXXI, Genova, 1904. — *Sugli avanzi di Cyrtodelphis sulcatus dell' arenaria di Belluno*, Paleont. Ital., vol. IX, XI, Pisa, 1904 - 07. — *Gli Odontoceti del Miocene Bellunese*, Mem. Istit. Geolog. R. Univ. di Padova, vol. V, Padova, 1917 - 18. — *Sul Palaeocheirus leptodon Pomel di Cadibona*, Atti R. Istit. Veneto di Sc. Lett. ed Arti, Torino, 1928. — *I mammiferi dell' Oligocene veneto*, Mem. Istit. Geolog. Padova, II, IX, X, XII, Padova, 1930 - 32 - 37.

FABIANI R.: *I Crostacei terziari del Vicentino*, Boll. Museo Civico di Vicenza, Vicenza, 1910. — *Sulle specie di Ranina finora note ed in particolare sulla Ranina Aldrovandii*, Atti Accad. Sc. veneto-trentino-istriana, ser. 3, Padova, 1910. — *I brachiopodi terziari del Veneto*, Mem. Istit. Geolog. Padova., vol. II, Padova, 1913. — *I mammiferi quaternari della regione veneta*, Mem. Istit. Geolog. R. Univ. Padova, vol. V, Padova, 1917 - 18.

FORNASINI C.: Bibliografia in: M. Gortani. Boll. Soc. Geolog. Ital., LI, Roma, 1932.

FUCINI A.: *Ammoniti del Lias medio dell'Appennino centrale esistenti nel Museo di Pisa*, Palaeontographia Italica, vol. V, Pisa, 1900 - 01. — *Cefalopodi liassici del monte di Cetona (parte 1^a e 2^a)*, Palaeontographia Italica, vol. VII - X, Pisa, 1901 - 06. — *Synopsis delle ammoniti del Medolo*, Ann. delle Univ. Toscane, vol. XXVIII, Pisa, 1908. — *La Chelone Sismondai Port. del Pliocene di Orciano in provincia di Pisa*, Palaeontographia Italica, XV, Pisa, 1909. — *Trionyx pliocenicus Law.*, Palaeontographia Italica, XVIII, Pisa, 1912. — *Nuovo contributo alla conoscenza dei Gasteropodi liassici della Montagna del Casale (Sicilia)*, Palaeontographia Italica, vol. XIX, Pisa, 1913. — *Fossili domeriani dei dintorni di Taormina*, Palaeontographia Italica, Pisa, 1921 - 31.

GEMELLARO G. G.: Bibliografia in: G. Di Stefano. Annuario R. Univers. Palermo, 1905 - 06.

GEMMELLARO M.: *Nuove osservazioni paleontologiche sul Tortonico inferiore della provincia di Palermo. - I. Gasteropodi*, Giorn. Sc. Nat. ed Econom., XXVII.

GIATTINI G. B.: « *Manzonina aprutina* » nuova esattinellide del Miocene medio di S. Valentino (Chieti), Riv. Ital. di Paleontologia, Catania, 1909.

GORTANI M.: *Stromatoporoidi Devoniani del Monte Coglians (Alpi Carniche)*, Riv. Ital. di Paleontol., Parma, 1912. — *Faune paleozoiche della Sardegna: I. Graptoliti di Goni; II. Graptoliti della Sardegna orientale*, Palaeontographia Italica, vol. XXVIII, Pisa, 1924. — *Graptoliti del piano di Wenlock nelle Alpi Carniche*, Giorn. di Geolog. Annali R. Museo Geologico di Bologna, Bologna, 1926. — *Contribuzioni allo studio del Paleozoico carnico. - VII. Graptoliti del M. Hochwipfel*, Palaeontographia Italica, XXIX, Pisa, 1925.

LEONARDI P.: *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus Falc. di Cit-tanova nell'Istria*, Atti del Museo Civico di Storia Naturale, vol. XII, Trieste, 1934. — *I Molluschi pleistocenici della Barma Grande. - Estratto da: I Balzi Rossi, parte II, Fauna*, Editò a cura dell'Istit. Ital. di Paleontologia Umana, Firenze, 1935.

LIPPARINI T.: *Calcare a Nummuliti e Alveoline del Luteziano negli Argilloscisti dell'Appennino Bolognese*, Boll. Soc. Geolog. Ital., vol. LV, Roma, 1936.

MALFATTI P.: *Contributo alla Spongiofauna del Cenozoico italiano*, Palaeontographia Italica, VI, Pisa, 1901.

MARTELLI A.: Bibliografia in: P. Vinassa de Regny. Rendic. R. Accad. Lincei, XXI, Roma, 1935.

MERLA G.: *Ammoniti giuresi dell'Appennino centrale*, Palaeontographia Italica, vol. XXXIII, Pisa, 1934.

MESCHINELLI L.: *Un nuovo Chiroterro fossile; l' « Archaeopteroporus transiens Mesch. » delle ligniti di Monteviale*, Atti R. Istit. Veneto, Venezia, 1903.

MISURI A.: *Sopra un nuovo Chelonio del calcare miocenico di Lecce*, Palaeontographia Italica, XVI, Pisa, 1910. — *Sopra un nuovo Trionichide dell'arenaria miocenica del Bellunese*. (Trionyx bellunensis Dal Piaz, in sch). Riv. Ital di Paleontol., Parma, 1911.

MONTANARO E.: *Coralli pliocenici dell'Emilia*, Palaeontographia Italica, vol. 31, Pisa, 1931. — *Faune attinologiche plio-pleistoceniche dell'Africa orientale*, Palaeontographia Italica, vol. 33^o, Pisa, 1933. — *I molluschi tortoniani di Montegibio*, I, II, Palaeontographia Italica, XXXV, XXXVII, Pisa, 1935 - 37.

MONTANARO E., LANG Z.: *Celenterati, echinodermi e brachiopodi dello Zululand*, Palaeontographia Italica, XXXVII, Pisa, 1937.

NEGRI L.: *Revisioni delle ammoniti liassiche della Lombardia occidentale*, Palaeontographia Italica, 34, 36, Pisa, 1934 - 36.

NEVIANI A.: *Supplemento alla fauna a Radiolari delle rocce mesozoiche del Bolognese*, Boll. Soc. Geol. Ital., XIX, Roma, 1901. — *Briozoi fossili di Carrubare* (Sicilia). Boll. Soc. Geol. Ital., Roma, 1903. — *Ostracodi delle sabbie postplioceniche di Carrubare* (Calabria), Boll. Soc. Geol. Ital., XXV, Roma, 1906.

OSIMO G.: *Alcune nuove Stromatopore giuresi e cretacee della Sardegna e dell'Appennino*, Mem. R. Accad. Torino, LXI, Torino, 1906. — *Di alcuni Foraminiferi dell'Eocene superiore di Celebes*, Riv. Ital. di Paleontol., XIV, Perugia, 1908.

PARONA C. F.: Bibliografia sino al 1930 in: Elenco dei lavori. Torino, 1930. — *Le spugne della fauna permiana di Palazzo Adriano in Sicilia*, Mem. Soc. Geol. Ital., vol. I, Roma, 1931. — *Di alcuni idrozoi del Giurassico e Cretacico in Italia*, Mem. della R. Accademia delle Scienze di Torino, vol. 65, Torino, 1931. — *Fauna cretacea di Aurisina* (Trieste), Giorn. di Geologia, ser. 2^a, Bologna, 1932. — *Di alcune rudiste della Tripolitania*, Boll. R. Ufficio Geologico, vol. LVIII, 1932.

PASOTTI P.: *Di alcuni crinoidi paleogenici con particolare riguardo a quelli di Gassino*, Boll. Società Geolog. Ital., vol. 48, Roma, 1931.

PREVER P.: *Le nummuliti della Forca di Presta nell'Appennino centrale e dei dintorni di Potenza nell'Appennino meridionale*, Mem. Soc. Paléont. Suisse, vol. XXIX, 1902. — *Sulla fauna nummulitica della scaglia nell'Appennino centrale*, Atti R. Accad. Sc. di Torino, vol. XL, Torino, 1905. — *Coralli giurassici del Gran Sasso d'Italia*, Atti R. Accad. di Scienze di Torino, XLIV, Torino, 1909. — *La Fauna a Nummuliti e ad Orbitoidi dei Terreni terziarii dell'Alta Valle dell'Aniene*, Mem. descr. Car. geol. Italia, vol. V, Roma, 1912. —

Nummuliti e Orbitoidi dei dintorni di Derna, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXIII, Roma, 1913. — *I Coralli oligocenici di Sassello nell' Appennino ligure*, Palaeontographia Italica, vol. XXVII, 1921, Pisa, 1924.

PROVALE I.: *Di alcune Nummulitine e Orbitoidine dell'isola di Borneo*, Riv. Ital. di Paleontol., XIV, XV, Perugia, 1908 - 09.

REGÁLIA E.: *Fauna del periodo eneolitico trovata dal prof. G. Patroni nelle grotte di « Frola » e « Zachito »* (mandam. di Caggiano, prov. Salerno), Firenze, 1903. — *Sulla fauna della « Grotta del Castello » di Termini Imerese*, Estr. Arch. p. Antropologia e Etnologia, vol. XXXVII, Firenze, 1907.

ROVERETO G.: *Illustrazione dei molluschi tongriani posseduti dal Museo Geologico della R. Università di Genova*, Atti R. Univ. di Genova, vol. XV, Genova, 1900.

RUIZ C.: *I brachiopodi batoniani del M. Inici* (Trapani), Mem. Istit. Geolog. R. Univ. di Padova, vol. VII, Padova, 1928. — *Gli Strofomenidi del Permiano della valle del Sosio*, Mem. della Soc. Geolog. Ital., vol. I, 1933.

SACCO F.: *I Molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria*, Torino. — *Resti fossili di Rinoceronti dell'Astigiana*, Mem. R. Accad. Sc. Torino, ser. 2^a, Torino, 1905.

SALINAS E.: *Sopra alcuni miliobatidi fossili della Sicilia*, Giorn. di Sc. Nat. ed Econom., vol. XX, Palermo, 1900.

SERGI S.: *Il primo cranio del tipo di Neandertal scoperto in Italia nel suolo di Roma*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. 49, Roma, 1930.

SILVESTRI A.: *Sull'età geologica delle Lepidocycline*, Atti Pontif. Accad. N. Lincei, Roma, 1907. — *L'Omphalocyclus macropora (Lamck.) a Termini - Imerese (Palermo)*, Atti Pontif. Acc. N. Lincei, Roma, 1908. — *Sulla « Orbitulites complanata » Martelli*, Atti Pontif. Accad. N. Lincei, Roma, 1908. — *Sulla « Orbitoides socialis » (Leymerie)*, Atti Pontif. Accad. N. Lincei, Roma, 1908. — *Fossili cretacei della contrada Calcasacco presso Termini - Imerese (Palermo)*, Palaeontographia Italica, vol. XIV, Pisa, 1909. — *Nummuliti oligocene della Madonna della Catena presso Termini - Imerese (Palermo)*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXVII, Roma, 1909. — *Distribuzione geografica e geologica di due Lepidocycline comuni nel terziario italiano*, Mem. Pontif. Accad. N. Lincei, vol. XXIX, Roma, 1911. — *Orbitoidi cretacei nell'eocene della Brianza*, Mem. Pontif. Accad. N. Lincei, Roma, 1919. — *Intorno all'Alveolina melo d'Orbigny (1846)*, Riv. Ital. di Paleontologia, vol. XXXIV, Pavia, 1928. — *Osservazioni su fossili nummulitici*, Riv. Ital. di Paleontologia, vol. XXXV, Pavia, 1929. — *Fauna paleogenica di Vosciano presso Todi*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. 48, 1930. — *Revisione di foraminiferi preterziari del sud-ovest di Sumatra*, Riv. Ital. di Paleontologia, anno 38^o, Pavia, 1932.

SORRENTINO S.: *Cefalopodi maestrichtiani della Tripolitania*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LI, Roma, 1932.

SQUINABOL S.: *Radiolari della strada nazionale al Monginevro*, Boll. Comitato Geol. Ital., vol. XLIII, Roma, 1913. — *Contributo*

alla conoscenza dei radiolari fossili del Veneto, Mem. Istit. Geolog. di Padova, vol. II, 1913. — *Le Radiolarie dei noduli selciosi nella Scaglia degli Euganei*, Perugia, 1902.

STEFANINI S.: *Echinidi miocenici di Malta esistenti nel Museo di Geologia di Firenze*, Boll. Soc. Geol. Ital., XXVII, Roma, 1909. — *Echinidi del Miocene medio dell' Emilia*, Palaeontographia Italica, XV, Pisa, 1909.

UGOLINI R.: *Il Monachus albiventer Bodd. del Pliocene di Orciano*, Palaeontographia Italica, vol. VIII, Pisa, 1902. — *Il Rhinoceros Mercki Jaeg. dei terreni quaternari della Val di Chiana*, Ann. Univ. Tosc., vol. XXV, Pisa, 1906. — *Monografia dei Pettinidi neogenici della Sardegna*, Palaeontographia Italica, XII, Pisa, 1906 - 07.

VINASSA DE REGNY P.: *Radiolari miocenici italiani*, Mem. R. Accad. Sc. Istit. di Bologna, ser. V, tom. VIII, 1901. — *Rocce e fossili dei dintorni di Grizzana e di Lagaro*, Boll. Soc. Geol. It., XIX, Roma, 1901. — *Graptoliti carniche*, Atti Congr. Naturalisti Italiani, Milano, 1906. — *Coralli mesodevonicici della Carnia*, Palaeontographia Italica, XXIV, Pisa, 1918.

VENZO S.: *Cefalopodi del Cretaceo medio - superiore dello Zululand*, Palaeontographia Italica, vol. 36, Pisa, 1936.

ZUFFARDI P.: *Elefanti fossili del Piemonte*, Palaeontografia Italica, vol. XIX, Pisa, 1913.

ZUFFARDI - COMERCI R.: *Sui generi Chaetetes e Pseudochaetetes*, Boll. Soc. Geol. Ital., XLV, Roma, 1926. — *Di alcuni foraminiferi terziari dell'isola di Borneo*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. 47, Roma, 1929. — *Corallari Zoantari fossili del Miocene della « Collina di Torino »*, Palaeontographia Italica, vol. 33, Pisa, 1932. — *Corallari neogenici del Sahel eritreo*, Atti R. Accad. Scienze di Torino, vol. 71, 1936. — *Sui generi: Chaetetes Fischer, Pseudochaetetes Haug e Solenopora Dybowsky*, Boll. R. Uffic. Geolog. Ital., 62, Roma, 1937.

B) Faune fossili.

ACCADEMIA D'ITALIA: *Missione scientifica a Cufra*, III, Roma, 1934.

AIRAGHI C.: *Fossili permiani dei dintorni di Recoaro*, Atti Soc. Ital. Sc. Nat., Milano, XLVI, Milano, 1918.

ANELLI M.: *Appunti paleontologici a proposito delle cosiddette « argille scagliose »*, Riv. Ital. di Paleontologia, vol. anno 41, Pavia, 1935.

BETTONI A.: *Fossili domeriani della prov. di Brescia*, Mém. Soc. paléontolog. Suisse, XXVII, Genève, 1900.

BONI A.: *Fossili miocenici del Monte Vallassa*, Boll. Soc. Geolog. Ital., vol. LII., 1933.

CHECCHIA - RISPOLI G.: *Illustrazione dei Molluschi maestrichtiani della Tripolitania raccolti da I. Sanfilippo*, Boll. Soc. Geolog.

Ital., 1930 - 35. — *Su alcuni Ceritidi del Cretaceo superiore della Tripolitania*, Boll. Soc. Geol. Ital., Roma, 1937.

DAINELLI G.: *Fossili batoniani della Sardegna*, Boll. Soc. Geol. Ital., XXII, Roma, 1903. — *Molluschi eocenici di Dalmazia*, Boll. Soc. Geol. Ital., XXV, Roma, 1906. — *L' Eocene friulano*, M. Ricci, Firenze, 1915. — *Fossili eocenici della Croazia costiera*, Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat., vol. XXXII, Pisa, 1917.

DAL PIAZ G.: *Sulla fauna liasica delle Tranze di Sospirolo*, parte I, Mem. Soc. paléont. Suisse, XXXIII. — *Sulla fauna batoniana del M. Pastello*, Mem. Ist. geol. di Padova, I, 1912.

DEL CAMPANA D.: *Fossili del Giura superiore dei Sette Comuni in provincia di Vicenza*, Pubbl. R. Istit. di Studi Sup. in Firenze, Firenze, 1905.

DESIO A.: *La Creta nel bacino di Firenze*, Palaeontographia Italica, XXVI, Pisa, 1923. — *Faune triassiche e giurassiche delle Alpi Giulie occidentali*, Giorn. di Geologia, 2^a, II, Bologna, 1927.

DE STEFANI C.: Bibliografia in: G. Dainelli, Mem. Geolog. e Geograf. di Dainelli, vol. I, Firenze, 1929.

DE TONI A.: *La fauna liasica di Vedana*, I, II, Mem. Soc. Paléontol. Suisse, vol. XXXVII - XXXVIII. — *Illustrazione della Fauna triassica di Valdepena (Cadore)*, Mem. dell' Ist. Geolog. della R. Univ. di Padova, vol. II, Padova, 1913.

DIAZ - ROMERO V.: *Contributo allo studio della fauna giurese della Dancalia centrale*, Palaeontographia Italica, vol. 31, (n. ser., vol. I), Pisa, 1931.

DI STEFANO G.: Bibliografia in: M. Gemmellaro, Giorn. Sc. Nat. ed Econom., XXXII, Palermo, 1918.

FABIANI R.: *Paleontologia dei Colli Berici*, Mem. Soc. Ital. di Scienze (dei XL), Roma, 1908.

FERUGLIO E.: *Fossili devonici del Quemado (San Pedro de Jujuy) nella regione subandina dell'Argentina settentrionale*, Giorn. di Geologia, 2^a, vol. 5, Bologna, 1931. — *Palaeontographia patagonica*, Mem. Istit. Geolog. di Padova, II, Padova, 1936.

FUCINI A.: *Fossili wealdiani del verrucano tipico del M. Pisano*, Palaeontographia Italica, XXI, Pisa, 1915.

GALDIERI A.: *La malacofauna triassica di Giffoni*, Atti R. Acc. Sc. di Napoli, XII, Napoli, 1905. — *Sul Trias dei dintorni di Giffoni*, Atti Accad. Pontaniana, XXXVIII, Napoli, 1908.

GEMELLARO G. G.: (Bibliografia in: G. Di Stefano), Annuario R. Univer., Palermo, 1905 - 1906.

GEMELLARO M.: *Il Trias dei dintorni di Palermo. Parte I*, Giorn. Sc. nat. ed economiche, XXXIII, Palermo, 1921.

GORTANI M.: *La fauna degli strati a Bellorophon della Carnia*, Riv. ital. di Paleont., XII, 1906. — *Contribuzioni allo studio del Paleozoico carnico*, Palaeontographia Italica, XII, 1906; XIII, 1907, XVII, 1911, XXI, 1915 e Mem. An. Sc. Bologna, IV, 1907. — *Fossili ordoviciani del Caracorum*, Spedizione ital. De Filippi nell' Imalaja, Caracorum e Turchestan Cinese (1913 - 1914), vol. V, Bologna, 1934.

GORTANI, VINASSA: *Fossili neosilurici del Pizzo di Timau e dei Pal nell'alta Carnia*, Mem. Acc. Sc. Bologna, VI, 1909.

GRECO B.: *Fossili oolitici del Monte Foraporta presso Lagonegro in Basilicata*, Palaeont. Italica, vol. V (1899), Pisa 1900. — *Fauna cretacea dell'Egitto raccolta dal Figari Bey, I - III*, Palaeontographia Italica, vol. XXI-XXIII, Pisa, 1915-17. — *La fauna permiana del Sosio*, Palaeontogr. ital., XXXV, 1934; XXXVII, 1937.

LEONARDI P.: *Il Trias inferiore delle Venezie*, Mem. dell'Istit. Geol. della R. Università di Padova, vol. XI, Padova 1935.

MARIANI E.: *Fossili del Giura e dell'Infracretaceo della Lombardia*, Atti Soc. it. Sc. nat., XXXIII, Milano, 1900. — *Sulla fauna retica lombarda*, Atti Soc. it. Sc. nat., LVIII, Milano, 1919.

MARTELLI A.: (Bibliografia in: P. Vinassa de Regny). Rendic. R. Accad. Lincei, XXI, Roma, 1935.

MAUGERI PATANÈ G.: *Sopra alcuni coralli del Trias superiore del M. Scalpello (Enna)*, Rend. Accad. Gioenia, LXVII, Catania, 1934. — *Il Lias di Grotte, Catania*, Galàtola, 1924.

MENEGHINI G.: (Bigliografia in: Alla memoria), Proc. verb. Soc. Tosc. Sc. Nat., Pisa, 1889.

MERCIAI G.: *Fossili dei calcari grigio scuri di Monte Malbe presso Perugia*, Atti Soc. Toscana di Sc. Nat., Memorie, vol. XXIV, Pisa, 1908.

MERLA G.: *La fauna del calcare a Bellerophon della Regione dolomitica*, Mem. dell'Istit. di Geologia R. Università di Padova, 1930. — *Fossili antracolitici del Caracorum*, Spedizione italiana De Filippi nell'Himalaia, Caracorum e Turchestan Cinese (1913-14), vol. V, Bologna, 1934.

MIGLIORINI C. I., VENZO S.: *Il Ladinico superiore dell'Isola di Rodi (Egeo)*, Palaeontographia Italica, vol. 34, Pisa, 1933.

PARONA C. F.: (Bibliografia sino al 1930 in: Elenco dei lavori), Torino, 1930. — *I fossili del Giura superiore di Cima Campo nell'altipiano di Lavarone*, Memorie del Museo Storia Natur. di Venezia Tridentina, vol. I, Trento, 1931. — *Le Lyttonia fra i Brachio-podi della fauna permiana di Palazzo Adriano*, Mem. R. Accad. Scienze, Torino, 2, vol. 6, 7, 1932. — *Osservazioni sul « Permosoma tunicatum » Jäckel della fauna permiana di Sicilia (Palazzo Adriano) e rivista sommaria della fauna stessa in rapporto colle faune coeve*, Atti della R. Accad. delle Scienze di Torino, 1933.

PIERAGNOLI L.: *Fossili eocenici d'Egitto raccolti da Figari bey, con alcuni altri dell'Arabia petrea*, Boll. Soc. Geol. Ital., LIV, Roma, 1935.

PRINCIPI P.: *Fossili retici del gruppo montuoso d'Amelia (Umbria)*, Rivista Ital. di Paleontologia, Catania, 1910.

REINA C.: *Studi paleontologici sul Paleogene dell'Isola di Rodi*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LIII, Roma, 1934.

ROVERETO G.: *Nuevas investigaciones sobre los delfinos longirostros del Mioceno del Paraná (Repubbl. Argentina)*, Annales del Mus.

Nac. de Hist. Nat. de Buenos Aires, 1913. — *Nuovi studi sulla stratigrafia e sulla fauna dell'Oligocene ligure*, Genova, 1914.

RUIZ C.: *Fauna dei tufi di Roccapalumba. Sguardo storico e discussione della fauna*, Mem. Soc. Geolog. Ital., vol. 1, 1933.

SCALIA S.: *La fauna del Trias sup. del gruppo di M. Judica*, Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., III, IV, V, Catania, 1911-14.

SERRA G.: *Di alcune Volutidae del Cretaceo superiore della Tripolitania*, Boll. Soc. Geol. Ital., 56, Roma, 1937.

SHALEM N.: *Sopra un giacimento Cenomaniano a brachiopodi in Palestina*, Rivista Italiana di Paleontologia, Anna 39, Pavia 1933. — *Nuova fauna cretacea della Siria*, Palaeontogr. Italica, XXXVII, Pisa, 1937.

SILVESTRI A.: *Sulle cosiddette Schwagerine della Valle del Sosio*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LI, 1932. — *Foraminiferi del Cretaceo della Somalia*, Palaeontographia Italica, vol. XXXII, 1931, Siena, 1932. — *Fusulinidi dell'Antracolitico della Valle del Sosio*, Mem. Ist. geologico, Padova, X, 1933. — *Rocce e fossili del Paleozoico superiore, raccolti dalla Spedizione Geografica Italiana nel Caracorum (1929)*, Mem. Pontif. Accad. Scient. N. Lyncaei, vol. 1, Civitas Vaticana, 1934-1935. — *Foraminiferi dell'Oligocene e del Miocene della Somalia*, Palaeontographia Italica, vol. 32, Siena, 1937.

SOCIETÀ GEOGRAFICA ITALIANA: *Risultati scientifici della missione all'Oasi di Giarabub*, Paleontologia, Roma, 1929.

STEFANINI G.: *Echinidi cretacei e terziari d'Egitto raccolti da Antonio Figari Bey, Parte I e parte II*, Boll. Soc. Geol. Ital., volume XXXVII e XXXVIII, Roma, 1920-21. — *Fossili del Neogene veneto*, Palaeontographia Italica, vol. XXV, Pisa, 1922. — *Il retico dei dintorni di Selvena (Siena) e i suoi fossili*, Boll. Soc. Geol. Ital., XLII, Roma, 1924. — *Fossili terziari della Cirenaica*, Palaeontographia Italica, XXVII, Pisa 1924. — *Relations between american and european tertiary echinoid faunas*, Washington, 1924. — *Description of fossils from South Arabia and British Somali land*, Cairo, 1925. — *Molluschi del Giurassico della Somalia. Introduzione: Cefalopodi*, Palaeontographia Italica, vol. 32, Pisa, 1933.

TARICCO M.: *Contributo allo studio del Cambriano della Sardegna*, Rend. R. Accad. Lincei (5) XXI, Roma, 1902.

TOMMASI A.: *La fauna dei calcari rossi e grigi del Monte Clap-savon nella Carnia occidentale*, Palaeontographia Italica, vol. V (1899), Pisa, 1900. — *I fossili della lumachella triassica di Ghegna in Valsecca presso Roncobello*, I, II, Palaeontographia Italica, XVII, XIX, Pisa, 1911, 1915.

TREVISAN L.: *La fauna e i giacimenti del Cenomaniano della Sicilia occidentale*, Mem. Istit. Geolog. Padova, XII, Padova, 1937.

VENZO S.: *I fossili del Neogene Trentino, Veronese e Bresciano*, Palaeontographia Italica, vol. 34, Siena, 1933.

VIALLI V.: *Fossili werfeniani delle Odle di Eores*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LVI, Roma, 1937.

VINASSA DE REGNY P.: *I. Trias Tabulaten etc. aus dem Ba-*

kony. - II. *Trias Spongien aus dem Bakony*. - III. *Neue Schwämme, Tabulaten und Bryozoen aus dem Bakony*, Budapest, 1901 - 05. — *Fossili del Montenegro*, I, II, III, Mem. R. Accad. Sc. Bologna, 1903, Boll. Soc. Geol. Ital., XXIII, Roma, 1904. — *Fossili retici di Caprona (M. Pisano)*, Boll. Soc. Geol. Ital., XXV, Roma, 1906. — *La fauna dei calcari con Rhynchonella Megaera del Passo di Volaià*, Boll. Soc. Geol. Ital., XXVII, Roma, 1908. — *Fossili dei Monti di Lodin*, Palaeontographia Italica, XIV, 1908. — *Fossili ordoviciani del Nucleo centrale carnico*, Mem. Accad. Gioenia Sc. Nat., III, Catania, 1910. — *Fossili ordoviciani del Capolago presso il Passo di Volaià*, Palaeontographia Italica, XXI, Pisa, 1915. — *Fossili ordoviciani di Uggwa (Alpi carniche)*, Mem. Istit. Geografico Univ. Padova, vol. II, Padova, 1913. — *Triadische Algen, Spongien, Anthozoen und Bryozoen aus Timor*, Stuttgart, 1915. — *Fossili ordoviciani sardi*, Mem. R. Lincei, vol. II, Roma, 1928.

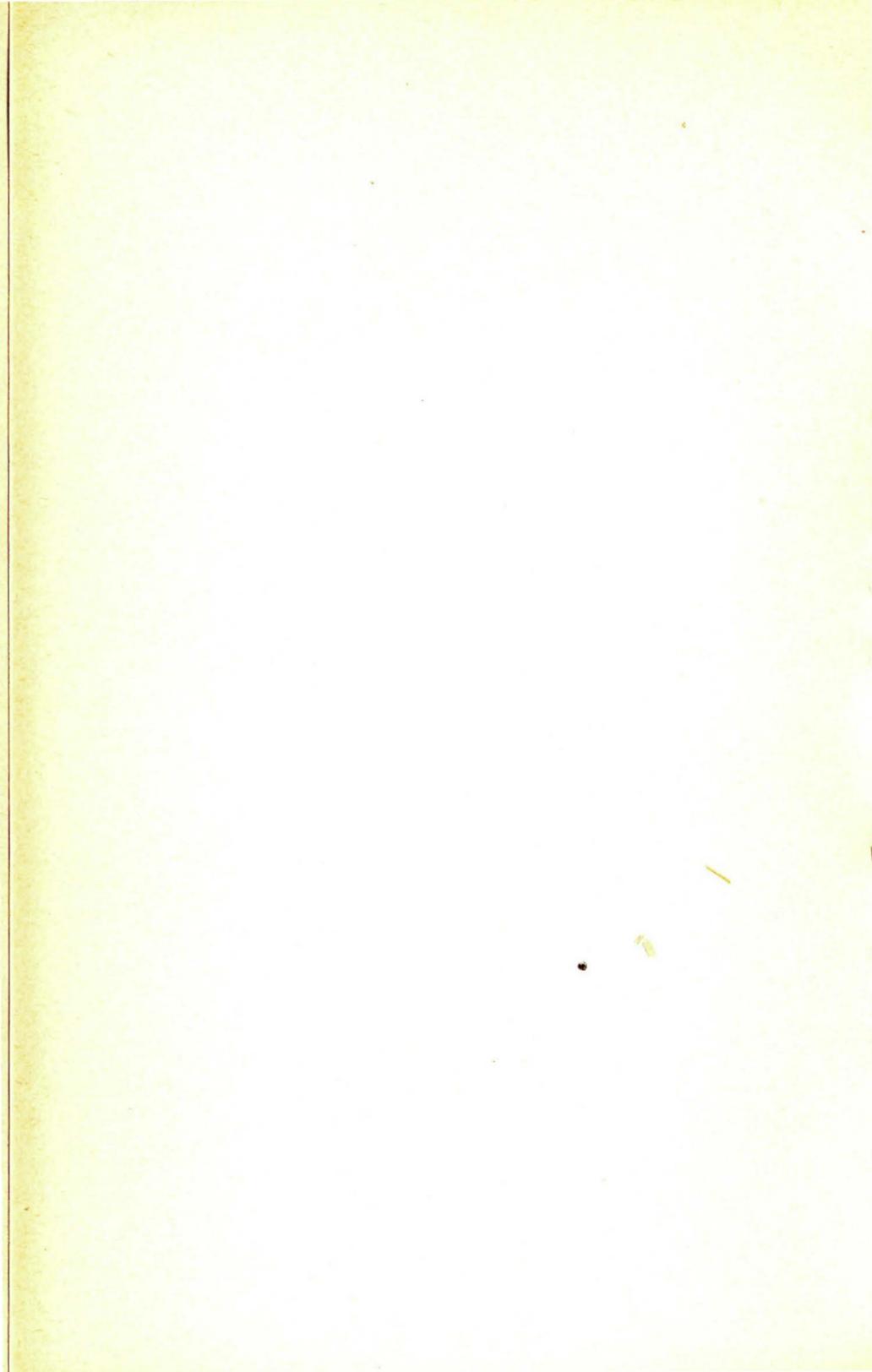
VINASSA, GORTANI: *Fossili carboniferi del M. Pizzul e del Piano di Lanza*, Boll. Soc. Geol. Ital., XXIV, Roma, 1905.

ZUFFARDI P.: *Cenni geo-paleontologici sul Monte Dibrar (Caucaso)*, Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXXII, Roma, 1913.

ZUFFARDI - COMERCI R.: *Fauna del neo-cretaceo della Tripolitania*, Boll. R. Ufficio Geologico, LII, Roma, 1927. — *Sulle faune del sopracretaceo in Puglia con particolare riguardo a quella di S. Cesarea*, Boll. R. Ufficio Geologico d'Italia, vol. 45, Roma, 1930. — *Coralli oligocenici e miocenici della Somalia*, Palaeontographia Italica, XXXII, 2, Pisa, 1937. — *Coralli e idrozoi giurassici dell'Ogaden*, Palaeontographia Italica, XXXII, 3, Pisa, 1928.

MINERALOGIA

Cristallografia - Petrografia - Geochimica



ALOISI PIERO: Mineralogia e cristallografia - *Albite nel calcare nummulitico di Ortoia (Massa)* (Proc. verb. Soc. tosc. Sc. nat., 1906) — *Adamina di Monte Valerio (Campiglia Marittima)* (Ivi, 1907) — *Il quarzo dei marmi di Carrara* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1909) — *Cassiterite dei filoni tormaliniferi di S. Piero in Campo (Elba)* (Proc. verb. Soc. tosc. Sc. nat., 1910) — *Cerussite e anglesite di Rosseto (Elba)* (Ivi, 1912) — *Osservazioni sui pirosseni di Campiglia Marittima (Toscana)* (Mem. Lincei, 1926) — *Contributo allo studio dei pirosseni manganeseiferi* (Rend. Lincei, 1927) — *Altri lavori su minerali vari, specie toscani. Litologia - Su di alcune rocce di Ripafratta (Monte Pisano)* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1903) — *Contributo allo studio petrografico delle Alpi Apuane* (Boll. R. Com. geol. d'It., 1906) — *Rocce del Monte Orello (Elba)* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1907) — *Rocce granitiche negli scisti della parte orientale dell'isola d'Elba* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1910) — *Il Monte Capanne (Pisa, 1919)* — *Rocce della colonia Eritrea raccolte dalla Missione Calciati-Corni-Bracciani* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1925) — *Rocce della Somalia raccolte dalla seconda Missione Stefanini* (Ivi, 1927) — *Le rocce (Sped. it. De Filippi nell' Himalaia ecc.)* (Bologna, 1933). — *Studio di alcune rocce della Migiurtinia* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1934) — Numerosi altri lavori su rocce varie, specialmente toscane. Trattati - *I minerali delle rocce e la loro determinazione per mezzo del microscopio* (Milano, 1929) — *Le gemme* (Firenze, 1932).

ANDREATTA CIRO: Mineralogia e cristallografia - *Sulle arsenopiriti dei giacimenti minerali di Calceranica e Caldonazzo nel Trentino* (Atti Acc. ven. trent. istr., 1929) — *Pickeringite di Canezza (Trentino)* (Ivi, 1928) - *Su alcune calcopiriti della Venezia Tridentina* (Atti Acc. ven.- trent. istr., 1929) — *Pickeringite di Canezza (Trentino)* (Studi trent. Sc. nat., 1930) — *Bianchite, nuovo minerale* (Rend. Lincei, 1930) — *Nuove ricerche sulla bianchite: bianchite sintetica* (Ivi, 1932) — *Litologia - Alcuni interessanti filoni nella massa eruttiva di Cima d'Asta* (Atti R. Ist. ven., 1930) — *Analisi strutturali di rocce metamorfiche* (Per. min. I 1932, II 1933, III 1933, IV 1934,

V 1934, VI 1935) — *Ricerche petrografiche sulla regione di Cima d'Asta* (Mem. Ist. geol. R. Univ. di Padova, 1932) — *La formazione gneissico - kinzigitica e le oliviniti di Val d'Ultimo (Alto Adige)* (Mem. Mus. St. nat. ven. trid., 1935) — *Über die quantitative mineralogische Klassifikation der Eruptivgesteine und ihre diagrammatische Darstellung* (Centralbl. f. Min., 1937).

ARTINI ETTORE: Mineralogia e cristallografia - *Epidoto dell'Elba* (Mem. Lincei, 1887) — *Quarzo di Val Malenco* (Ivi, 1888) — *Studio cristallografico della Cerussite di Sardegna* (Ivi, 1889) — *Sulla lea-dhillite di Sardegna* (Giorn. di Mineralogia, 1980) — *Contribuzione alla conoscenza delle forme cristalline della Stefanite del Sarrabus* (Ivi, 1891) — *Di una nuova specie minerale trovata nel granito di Baveno* (Rend. Lincei, 1901; in questo lavoro è identificata una nuova zeolite, la bavenite — *Brugnatellite; nuova specie minerale trovata in Val Malenco* (Ivi, 1909) — *Due minerali di Baveno contenenti terre rare: Weibeyite e Bazzite* (Ivi, 1915); la bazzite è una nuova specie minerale. Inoltre molte pubblicazioni su minerali del Veneto, della Lombardia, ecc.; parecchi studi sulla forma cristallina di composti organici, fra cui una serie di dieci lavori *Della forma cristallina di alcuni derivati del benzolo* (Rend. R. Ist. lombardo 1905-1918) — Litologia e psam-mografia - *Ricerche petrografiche e geologiche nella Valsesia*, in collab. con G. Melzi (Mem. R. Ist. lombardo, 1900) — *Un basalto nefel-inico a noseana di Recoaro* (Rend. R. Ist. lombard. 1907) — *Sulla diffusione delle rocce a nefelina nella Libia* (Rend. Lincei, 1914). Inoltre varie memorie su rocce del Veneto, della Lombardia ecc. — *Intorno alla composizione mineralogica delle sabbie del Ticino* (Giorn. di Mineralogia, 1891) — *Intorno alla composizione mineralogica delle sabbie di alcuni fiumi del Veneto, con applicazioni della ricerca microscopica allo studio dei terreni di trasporto* (Padova, 1898) — *Sulla presenza della monazite nelle sabbie ed arenarie della Somalia meridionale* (Rend. Lincei, 1915). Inoltre numerosi studi su sabbie del litorale adriatico, della Lombardia, della Tripolitania, della Somalia, ecc. — *Trattati - I minerali* (Milano, 1914 e successive edizioni nel 1921 e nel 1923). *Le rocce* (Milano, 1919, II ed. curata da E. Repposi, 1929) — *Lezioni di Mineralogia e materiali da costruzione*, (Milano, 1920, II ed. 1923).

BALDACCI L.: *Minerogenesi - Descrizione geologica della Sicilia*. P. III, Cap. I (Roma, 1886).

BARGAGLI PETRUCCI G.: Biogeochimica - *Sull'origine biologica della « Terra di Siena »*. (Mem. Acc. Lincei, 1914) — *Un'ipotesi biologica sulla deposizione dello zolfo durante l'epoca gessoso solfifera*. (Rend. Acc. Lincei, 1915).

BELLINI R.: Mineralogia e geochimica - *Osservazioni sui minerali radiferi della besimaudite di Lurisia* (Boll. Soc. Geol. It., 1920).

BIANCHI ANGELO: Mineralogia e cristallografia - *Titanite di Val Devero (Ossola)* (Atti Soc. it. Sc. nat., 1916) — *Apatite di Val Devero (Ossola)* (Ivi, 1919) — *Augite diopsidica del Monte Cervandone in Val Devero (Ossola)* (Ivi, 1920) — *Ilmenite ed ematite titanifera di Val Devero (Ossola)* (Ivi, 1921) — *Quarzo di Val Devero (Ossola)* (Mem. Lincei, 1923) — *L'epidoto delle intercalazioni basiche nel gneiss del Cervandone e dell'Arbola (Val Devero) e le rocce che ne formano i giacimenti* (Boll. Soc. geol. it., 1924) — *I minerali dei calcocisti di Devero* (Atti Soc. It. Sc. nat., 1924) — *I minerali del Miage (Monte Bianco, versante ital.)* (In collab. con A. Cavinato, Ivi, 1925) — *Altri lavori su minerali alpini — Litologia - Le rocce effusive dell'isola di Coe (Dodecaneso, Mar Egeo)* (Mem. Ist. geol. R. Università di Padova, 1928) — *Le rocce effusive del Dodecaneso (Mar Egeo)* (Boll. Soc. geol. it., 1929) — *La provincia petrografica effusiva del Dodecaneso (Mar Egeo)* (Mem. Ist. geol. R. Univ. di Padova, 1930) — *Studi petrografici sull'Alto Adige orientale e regioni limitrofe* (Ivi, 1934.)

BLANC G. A.: Geochimica - *Ricerche su un nuovo elemento presentante caratteri radioattivi del torio* (Rend. Acc. Lincei, 1906). — *I recenti sviluppi del concetto di elemento e i nuovi aspetti della geochimica* (Atti Soc. Progr. Sc., 1929) — in collaborazione con ANGE-LUCCI D.: *Separazione del radio torio dai sali di torio* (Rend. Acc. Lincei).

BOERIS GIOVANNI: *Sopra la calcocite di Montecatini* (Rend. Lincei, 1894). — *Sull'epidoto della Comba di compare Robert (Avigliana)* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1897) — *Nuove osservazioni sopra i minerali della Comba di compare Robert* (Ivi, 1899). — *Sopra la tridimite di S. Pietro Montagnon negli Euganei* (Riv. min. e cristal., 1899) — *Pirite di Valgioie* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1900) — *Idocrasio del Monte Pian Real* (Atti Soc. it. Sc. nat., 1903) — *Sull'epidoto della valle di Ayas* (Mem. R. Acc. Sc. di Bologna, 1909) — *Sopra un idrocarburo della lignite di Fognano* (Rend. R. Acc. Sc. di Bologna, 1919). In questo lavoro è descritto un nuovo minerale, la simonellite. — *Sopra un idrocarburo della lignite di Terni* (Ivi, 1920) — *Sulla composizione della hofmannite* (Ivi, 1921). — Vari altri studi su minerali italiani, specie alpini, e numerosi lavori cristallografici su composti artificiali.

BRUGNATELLI LUIGI: Mineralogia e cristallografia - *Über den Datolit von der Serra dei Zanchetti* (Zeitsch. f. Kryst., 1887) — *Beiträge zur Kenntniss des Epidots* (Ivi, 1890) — *Sopra un nuovo minerale delle cave d'amianto della Val Lanterna « artinite »* (Rend. R. Ist. lombardo, 1902) — *Über den Tilanolivin der Umgebung von Chiesa in Val Malenco; ein Beitrag zur Kenntniss des Tilanolivin* (Zeitsch. f. Kryst., 1904). — Inoltre altre memorie su minerali italiani, specie della Valtellina, e numerosi lavori sulla forma cristallina di

composti organici, in particolare di composti solfonici. — Petrografia - *Sulla composizione di una roccia pirossenica dei dintorni di Rieti* (Boll. R. Com. geol., 1883) — *Osservazioni sulle serpentine del rio dei Gavi e di Zebedassi (Appennino pavese)* (Rend. Lincei. 1895).

CAROBBI GUIDO: Mineralogia e cristallografia - *Ricerche chimiche sulle scheelite di Traversella* (Rend. Lincei, 1923) — *Sulla presenza del bromo e del tallio nella silvite dell'eruzione vesuviana del 1906* (Ann. R. Oss. ves., 1924) — *Ricerche chimiche e spettrografiche sulla piromorfite di Leadhills, Lanarkshire (Scozia) e sulla mimetesite di Santa Eulalia, Chihuahua (Messico)* (Rend. R. Acc. Sc. di Napoli, 1926) — *Contributi allo studio delle piromorfite, vanadinitite e mimetite sintetiche, nelle quali il piombo è parzialmente sostituito da alcuni lantanidi* (Gazz. chim. it., 1926) — *Sulla ferrimolibdenite di Bivongi (Calabria)* (Rend. R. Acc. Sc. di Napoli, 1927) — *Sulla presenza dell'atacamite fra le incrostazioni della lava vesuviana del 1631* (Ivi, 1928) — *Ricerche chimiche sull'olivina di Linosa (Isole Pelagie)* (Rend. Lincei, 1928) — *Ricerche spettrografiche sullo zircone vesuviano* (Boll. Sc. nat. di Napoli, 1930) — *Sulla possibilità di sostituzione parziale del cloruro di piombo con cromato di piombo nelle piromorfite, vanadinitite e mimetite* (Ivi, 1930 e Per. Min., 1931) — *Nuove ricerche chimiche e cristallografiche sulla litidionite del Vesuvio* (Rend. R. Acc. Sc. di Napoli, 1930) — *Sulla presenza di un nuovo minerale fra i prodotti dell'attività fumarolica del Vesuvio* (Per Min., 1933). E' descritto il nuovo minerale ferrucite. — « *Mercallite* » nuovo minerale fra i prodotti dell'attività fumarolica vesuviana del 1933 (Rend. Lincei, 1935) — Altri lavori specialmente di chimica mineralogica, alcuni dei quali in collaborazione, in particolare con F. Zambonini e citati in parte a questo autore.

CARPANESE T.: Geochimica - *Corso di Geochimica* (Padova, 1937).

CAVINATO ANTONIO: Mineralogia e cristallografia - *Studi sul quarzo* (Rend. Lincei, I, 1925, II, 1925) — *I minerali del Miage (Monte Bianco, versante italiano)* (In coll. con A. Bianchi. Atti Soc. it. Sc. nat., 1925) — *Sulla mesolite* (Ivi, 1926) — *Nuove osservazioni sulle zeoliti del gruppo della natrolite* (Mem. Lincei, 1927) — *Apatite di Valle Aurina* (Studi trent. Sc. nat., 1929) — *Nuove ricerche sull'Euclasio di Valle Aurina* (Rend. Lincei, 1929) — *I minerali di Valle Aurina e i loro giacimenti* (Studi trent. Sc. nat. 1930) — *L'uso del prisma per la determinazione degli indici principali di rifrazione nei cristalli* (Mem. Lincei, 1933 e Rend. Lincei, I, 1934, II, 1934). — Altri lavori di cristallografia. Litologia - *Studio petrografico di alcune rocce dell'Adamello* (Studi trent. Sc. nat., 1927) — *Ricerche geologico-petrografiche sulla regione dell'Arburese, Sardegna* (Padova, 1930) — *Contributo alla conoscenza petrografica della Sardegna* (Rend. Lincei, I 1933, II 1934) — *Descrizione di un carat-*

teristico filone della regione Arburese, Sardegna (Per Min., 1933) — *Studi petrografici sulla Sardegna Sud-orientale* (Padova, 1935).

CORRADI C.: Mineralogia e geochimica - *Nota sulla ricerca di autunite in comune di Roccaforte (Mondovì)* (Per Min., 1933).

COLOMBA LUIGI: Mineralogia e cristallografia - *Sull'epidoto di Oulx e sui minerali che l'accompagnano* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1891) — *Sulla glaucofane della Beaume (Alta valle della Dora Riparia)* (Ivi, 1894) — *Rodonite cristallizzata di S. Marcel (Valle d'Aosta)* (Ivi, 1904) — *Sulla scheelite di Traversella* (Rend. Lincei, 1906) — *Osservazioni mineralogiche sui giacimenti auriferi di Brusson (Valle d'Aosta)* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1907) — *Note mineralogiche sulla valle del Chisone (Cave di Pomaretto)* (Ivi, 1928) — *Osservazioni mineralogiche e litologiche sull'alta valle della Dora Riparia (Rocce e minerali della Beaume, Oulx)* (Riv. Min. e crist. 1909) — *Sopra alcuni minerali dell'alta valle d'Aosta* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1910) — *Speziaite, nuovo anfibolo di Traversella* (Ivi, 1914). — Numerosi altri lavori, in particolare su minerali alpini. — *Litologia - Ricerche microscopiche-chimiche su alcune quarziti di Oulx (alta valle della Dora Riparia) e su alcune rocce associate* (Boll. Soc. geol. it., 1900) — *Osservazioni petrografiche e mineralogiche sulla rocca di Cavour* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1904) — *Ricerche sui giacimenti di Brosso e di Traversella* (Mem. R. Acc. Sc. di Torino, I, 1912, II, 1915) — *Ricerche litologiche e chimiche sulle formazioni vulcaniche della serie di Vijongo (Fort Portal). Sopra alcuni minerali del Ruwenzori* (Estr. da « Il Ruwenzori », s. d.) — *Osservazioni litologiche e mineralogiche sul giacimento di Castiglione (Traversella)* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1929). — Altri lavori su rocce varie, specialmente del Piemonte.

COMUCCI PROBO: Mineralogia e cristallografia - *Studio mineralogico della lepidolite elbana* (Rend. Lincei, 1915) — *Sopra la petalite elbana* (Ivi, 1915) — *Sulla composizione chimica di un solfosale di S. Giorgio in Sardegna* (Gazz. chim. it., 1917). Questo solfosale fu da altri ritenuto specie nuova, e chiamato comuccite. — *Forme cristalline dello zolfo sull'antimonite dell'isola di Taso* (Mem. Lincei, 1919) — *Azzurrite di Pistello (Isola d'Elba)* (Rend. Lincei, 1925) — *Osservazioni sulla wulfenite e vanadinite di Oudida (Marocco)* (Rend. Lincei, 1926) — *Ricerche sulla struttura della piroaurite* (Per min., 1930). — Altri lavori su minerali toscani. *Litologia - Sulle metamorfosi di contatto fra calcari e porfido granitico nel giacimento metallifero di Orroli (Sardegna)* (Rend. Lincei, 1920) — *Contributo allo studio delle rocce effusive della Dancalia* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1928) — *Sopra alcune rocce vulcaniche della regione di Sanaa (Arabia)* (Ivi 1929) — *Rocce dei dintorni di Addis Abeba (Abissinia)* (Proc. verb. Soc. tosc. Sc. nat., 1932) — *Rocce dello Jemen raccolte dalla missione di S. E. Gasparini* (Per. min., 1933) — *Note petrografiche sulle rocce raccolte dalla spedizione Cerulli nell'Etiopia occidentale* (Roma, 1933) — *Rocce del bacino del ghiacciaio Siacén* (Bologna, 1934). — *Una*

singolare roccia del ghiacciaio Baltoro (Karakorum) (Rend. Lincei, 1937).

COSSA A.: Mineralogia e geochimica - *Hieratite, nuova specie mineralogica* (Trans. Lincei, 1881) — *Ricerche chimiche sui minerali e rocce dell'Isola di Vulcano* (Mem. Acc. Lincei, 1887-1888).

CREMA C.: Minerogenesi - *Osservazioni sui giacimenti di bauxite dell'Appennino, dell'Istria e della Dalmazia* (Rend. Acc. Lincei, 1920) — *Le bauxiti dell'Istria e della Dalmazia* (Miniera Ital., 1920).

D'ACHIARDI GIOVANNI: Mineralogia e cristallografia - *Le tormatine del granito elbano* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1893, 1896) — *I quarzi delle gessaie toscane* (Ivi, 1898) — *Acido borico e borati dei soffioni e lagoni boriferi della Toscana* (Ann. Univ. tosc. 1900) — *Emimorfismo e geminazione della stefanite del Sarrabus (Sardegna)* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1901) — *I minerali dei marmi di Carrara* (Ivi, 1905-1906) — *Zeoliti del filone della Speranza presso S. Piero in Campo (Elba)* (Ivi, 1906). In questo lavoro è descritto il nuovo minerale dachiardite. — *Considerazioni critiche sulla origine dell'acido borico sui soffioni boriferi della Toscana* (Ivi, 1907) — *La dachiardite, zeolite mimetica dell'Isola d'Elba* (Ivi, 1928) — *Considerazioni e ricerche sulla lardarellite, ammonioborite (?) e bechilite (?) di Larderello (Pisa)* (Per. di min., 1932) — *Ginorite, nuovo borato di calcio di Sasso Pisano* (Ivi, 1934) — Molti altri lavori su minerali vari, italiani ed eritrei. — Litologia - *Due esempi di metamorfismo di contatto (Urali - Elba)* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1898) — *Metamorfismo nel contatto fra calcari e granito al Posto dei Cavoli presso S. Piero in Campo (Elba)* (Ivi, 1902). — *Descrizione di alcune rocce della Colonia Eritrea, raccolte dal Dott. G. Bartolommei-Gioli* (Ivi, 1902) — *La formazione della magnesite all'Isola d'Elba* (Ivi, 1903). — Altri lavori su rocce della Sardegna, dell'Elba, ecc. Trattati - *Guida al corso di Mineralogia, parte speciale* (Pisa, 1910. II ed. Milano, 1925) — Id II ed. *parte generale* (Pisa, 1915).

DI FRANCO SALVATORE: Mineralogia e cristallografia - *Studio cristallografico sulla ematite dell'Etna* (Atti Acc. Gioen. Sc. nat., 1903) — *Nuove osservazioni sulla aragonite di Sicilia* (Ivi, 1908) — *Il gesso delle solfate siciliane* (Ivi, 1914) — *Sulla calcite dei giacimenti zolfiferi siciliani* (Ivi, 1915) — *La ciclopite di Santa Maria la Scala (presso Acireale)* (Rend. Lincei, 1916) — *I minerali delle fumarole dell'eruzione etnea del 1910* (Atti Acc. Gioen. Sc. nat., 1916) — *Sui cristalli di celestina delle zolfate siciliane* (Ivi, 1918) — *L'analcite e il basalto analcítico dell'Isola dei Ciclopi* (Boll. Soc. geol. it., 1926) — *L'augite dell'Etna* (Ivi, 1930) — *Nuovi minerali dell'Isola dei Ciclopi* (Ivi, 1933) — Litologia - *Gli inclusi nel basalto dell'isola dei Ciclopi* (Ivi, 1906) — *Le lave ad orneblenda dell'Etna* (Ivi, 1911) — *Le lave colonnari della valle dell'Alcantara* (Ivi, 1912) — *Gli inclusi nella*

lava etnea di Rocca S. Paolo presso Paternò (Rend. Lincei, 1912) — Ricerche petrografiche sulle lave dell'Etna (Atti Acc. gioen. Sc. nat., 1930) — I calcari cristallini della catena Peloritana (Per. di min., 1933).

FENOGLIO MASSIMO: Mineralogia e cristallografia - *Contributo allo studio della zona mineralizzata di Cogne (Val d'Aosta) (Atti R. Acc. Sc. Torino 1924) — Nuovo contributo allo studio della zona mineralizzata di Cogne (Val d'Aosta) (Ivi, 1925) — Pirargirite e proustite del Sarrabus (Sardegna) (Ivi, 1926) — Sopra alcuni minerali di Viù in Val di Lanzo (Boll. Soc. geol. it., 1927) — Sulla presenza della nesquehonite nella serpentina di Viù in Val di Lanzo (Rend. Lincei, 1930) — Sulla linarite di Arenas in Sardegna (Per. min., 1932) — Sul lansfordite delle miniere di Cogne in Val d'Aosta (Ivi, 1933) — Sulla struttura cristallina della zaratite (Ivi, 1934) — Nuove ricerche sulla zaratite: zaratite sintetica (Ivi, 1934) — Ricerche nell'artinite delle miniere di Cogne in Val d'Aosta (Ivi, 1936) — Ricerche sull'idromagnesite (Ivi, 1936). — Altri lavori su minerali italiani. — Litologia - *Studi petrografici sulla zona del Canavese (Ivi, I 1930, II 1931, III 1933) — Sopra una vogesite del Ginepro (Isola d'Elba) (Rend. Lincei, 1936).**

FRANCESCONI L.: Geochimica - *La radioattività dei minerali della Sardegna (Gazz. Chim. Ital., 1914) — in collaborazione con BRUNA R.: Radioattività e composizione delle acque della regione di Lurisia in quello di Mondovì, dei suoi minerali e delle rocce (Atti Soc. Ligust. Lett. Sc. ed Arti, 1934).*

GALLITELLI PAOLO: Mineralogia e cristallografia - *Sulla prehnite di Toggiano (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1928) — Baritocelastina di Orciatice (Pisa) (Proc. verb. Soc. tosc. Sc. nat., 1928) — Laumontite di Toggiano (Rend. Lincei, 1928) — Note di mineralogia modenese (Atti Soc. natur. di Modena, 1929) — Ricerche sul solfato di calcio semidrato e sull'anidrite solubile (Per. Min., 1933) — Il quarzo di Baveno (Ivi, 1935) — Sulla babingtonite di Baveno (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1935) — Le miche del granito di Baveno (Per. Min. 1936). — Alcuni altri lavori su minerali italiani. — Litologia - *Sui diabasi della valle del Dragone nell'Appennino emiliano (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1929) — Ricerche microscopiche e chimiche sulle serpentine dell'Appennino modenese (Per. min., 1930) — Contributo alla conoscenza petrografica delle arenarie dell'Appennino modenese (Ivi, 1931) — Contributo alla conoscenza delle rocce metamorfiche ed eruttive della Libia (R. Acc. d'Italia, 1934) — Ricerche petrografiche sul granito di Baveno (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1937).**

GASPERINI G.: Biogeochimica - *La biogenesi delle terre rosse, gialle o bolari e la importanza delle Beggiatoacee per la circolazione e la deposizione del ferro (Atti Acc. Georg., 1906).*

GATTO M.: *Minerogenesi - Condizioni tecniche dell'industria solfifera siciliana* (nel vol. «L'industria miner. solf. siciliana», Torino, 1925).

GINORI CONTI P.: *Geochimica - L'attività endogena quale fonte di energia* (Relaz. Acc. Lincei, 1938).

GRILL EMANUELE: *Mineralogia e cristallografia - Osservazioni cristallografiche su l'ematite dell'isola d'Elba* (Pubbl. R. Ist. sup. di Firenze, 1911) — *Osservazioni cristallografiche su la calcite dell'isola d'Elba* (Ivi, 1912) — *Osservazioni cristallografiche sull'ilvaite elbana* (Mem. Soc. it. dei XL, 1913) — *I minerali dell'Isola di Nisiro (Mar Egco)* (Mem. Lincei, 1914) — *Contributo alla mineralogia sarda* (Rend. Lincei, I, 1915, II, 1915) — *Contributo allo studio dei minerali della valle del Chisone (Alpi Cozie)* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1916) — *Sulla pollucite elbana* (Proc. verb. Soc. tosc. Sc. nat., 1919) — *Cenni sopra alcuni minerali delle miniere di Cogne (Val d'Aosta)* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1921) — *Sui giacimenti d'amianto delle Alpi piemontesi* (Atti Soc. it. Sc. nat., 1921) — *Quarzo, granato, clorite di Val d'Ala* (Ivi, 1922) — *Contributo alla conoscenza dei giacimenti di pirite del Pinerolese* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., I, 1925, II, 1927) — *Datolite di Toggiano* (Mem. Lincei, 1928) — *Rocce e minerali dei giacimenti di talco del Pinerolese* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1929) — *Su un fosfato di ferro e manganese delle pegmatiti di Olgiasca* (Per. di Min., 1935). E' descritto un nuovo minerale, la repossite. — Altri lavori su minerali alpini. — *Litologia - Contributo alla conoscenza litologica della valle della Germanasca* (Mem. Lincei, 1925). — Notizie litologiche sono inoltre contenute in alcuni fra i lavori prima ricordati.

LEVI M. G. E PADOVANI C.: *Geochimica - Studi e ricerche sui gas naturali italiani* (Miniera Ital., 1930).

LINCIO G.: *Mineralogia e geochimica - Dell'autunite di Lurisia* (Atti Acc. Sc. Torino, 1913).

MANASSE ERNESTO: *Mineralogia e cristallografia - I minerali delle cave di zolfo di Poggio Orlando presso Lornano in provincia di Siena* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1907) — *Cloritoide (ottrelite) delle Alpi Apuane* (Ivi, 1910) — *Oxalite di Capo d'Arco (Elba)* (Rend. Lincei, 1910) — *Sulla composizione chimica di alcuni minerali del gruppo del cloritoide* (Proc. verb. Soc. tosc. Sc. nat., 1911) — *Azzurrite di Calabona presso Alghero* (Mem. Soc. Tosc. Sc. nat., 1912) — *Idrotalcite e piroaurite* (Proc. verb. Soc. tosc. Sc. nat., 1915) — *Enargite di Calabona* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1919). — Molti altri lavori chimico-cristallografici su minerali italiani, specie della Toscana e della Sardegna e della Colonia Eritrea. — *Litologia - Rocce ofiolitiche e connesse dei Monti Livornesi* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1898) — *Le rocce della Gorgona* (Ivi, 1904) — *Rocce eritree e di*

Aden della collezione Issel (Ivi, 1908) — *Contribuzioni allo studio petrografico della Colonia Eritrea* (Siena, 1909) — *Ricerche petrografiche e mineralogiche sul Monte Arco (Elba)* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1912) — *Rocce della Somalia italiana raccolte dalla missione scientifica Stefanini-Paoli* (Ivi, 1917). — *Biogeochimica - Sulla composizione chimica delle terre gialle e bolari del Monte Amiata* (Atti Soc. Tosc. Sc. nat., 1915). — Inoltre, molte altre memorie su rocce toscane, dei Campi flegrei, della Tripolitania, del Montenegro, dell'Eritrea.

MILLOSEVICH FEDERICO: *Mineralogia e cristallografia - Appunti di mineralogia sarda* (Rend. Lincei, 1900, 1906, 1906, 1907, 1909, 1909) — *Alcune osservazioni sopra l'anglesite verde di Montevecchio (Sardegna)* (Riv. Min. e Crist., 1903) — *Forme nuove e nuovo tipo cristallino dell'anatasio della Binnenthal* (Rend. Lincei, 1905) — *Sopra gli epidoti poco ferriferi (clinozoisite - epidoto) di S. Barthélemy in Val d'Aosta* (Atti Soc. lig. Sc. nat., 1908) — *Forme nuove del berillo elbano* (Rend. Lincei, 1911) — *I 5000 elbani del Museo di Firenze* (Pubbl. R. Ist. sup. di Firenze, 1914) — *Paternoite un nuovo minerale del giacimento salifero di Monte Sambuco in territorio di Calascibetta (Sicilia)* (Rend. Lincei 1920) — *Studi sui minerali del Lazio. La melilite degli inclusi nel peperino* (Ivi, 1921) — *Il ferro meteorico di Uegit* (Mem. Lincei, 1924). — Numerosi altri lavori su minerali vari, specialmente italiani. — *Litologia - Studio geologico sul materiale raccolto da Maurizio Sacchi* (in coll. con G. De Angelis d'Ossat. Soc. geogr. it., 1900) — *Osservazioni mineralogiche sulle rocce metamorfiche dei dintorni di Tolfa* (Boll. Soc. geol. it., 1904) — *Rocce propilitiche dei dintorni di Tolfa* (Ivi, 1905) — *Studi sulle rocce vulcaniche della Sardegna* (Mem. Lincei, I, 1908, II, 1911) — *Studi litologici sull'isola del Giglio* (Rend. Lincei, I, 1916, II, 1916). — *Minerogenesi - Di alcuni giacimenti di alunogeno in provincia di Roma* (Boll. Soc. Geol. it., 1901) — *Il giacimento di azzurrite del Castello di Bonvei presso Mara, con alcune osservazioni sulla formazione dei carbonati di rame naturali* (Rend. Acc. Lincei 1906) — *Ulteriori osservazioni intorno alle condizioni di formazione dei carbonati di rame naturali* (Rend. Acc. Lincei, 1908) — *Geochimica - Un capitolo di Geologia chimica* (Firenze, 1910) — *Mineralogia e geochimica - Zeunerite ed altri minerali dell'isola di Montecristo* (Rend. Acc. Lincei, 1912) — *Il giacimento di autunite di Lurisia* (Miniera Ital., 1919). Altri lavori su rocce italiane, dell'America meridionale, del Dodecaneso.

MOTTURA S.: *Minerogenesi - Sulla formazione della zona solfifera della Sicilia* (Mem. R. Com. Ged. It., 1871).

NASINI R.: *Geochimica - Gas combustibili, elio, emanazione radioattiva nei soffioni boraciferi della Toscana - Problemi per i geologi* (Boll. Soc. Geol. It., 1928) — *I soffioni boraciferi e i lagoni della Toscana e l'industria boracifera Cap. IV* (Roma, 1930) — in collabo-

razione con LEVI M. G.: *Radioattività di rocce ed altri materiali dell'isola d'Ischia* (Rend. Acc. Lincei, 1908).

ODDO G.: *Geochimica - Struttura molecolare degli atomi radioattivi* (Gazz. Chim. It., 1913). — *Minerogenesi - Impiego del minerale di zolfo...* (Boll. Minist. Agr. Ind. e Comm., 1908-1909, Gazz. Chim. It., 1908-1909).

ONORATO ETTORE: *Mineralogia e cristallografia - La celestina di Caramanico* (Rend. Lincei, 1924). — *La celestina di S. Gaudenzio (Senigallia)* (Ivi, 1924) — *Sulla epsomite della miniera Nord-Ovest inferiore di Idria* (Ivi, 1925) — *Sulla hauerite di Raddusa* (Mem. Lincei, 1925) — *Über den Feinbau des Gipses* (Ztsch. f. Kryst., 1929) — *Simmetria e struttura dell'hauerite* (Per min., 1930) — *Sulla natura della dolomite* (Ivi, 1930) — *Determinazione delle forme dirette ed inverse nella pirite* (Ivi, 1931) — *Semidrato del solfato di calcio e anidrite solubile* (Ivi, 1932) — *La struttura della fosgenite* (Ivi, 1934). — *Biogeochimica - Sulla pelagosite delle Isole Tremiti nell'Adriatico* (Boll. Soc. geol. it., 1926).

PANICHI UGO: *Mineralogia e cristallografia - Influenza della variazione di temperatura, e più specialmente dei forti raffreddamenti, nel comportamento ottico di alcuni minerali* (Mem. Lincei, 1902) — *L'omologia e la cristallografia zonale* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1903) — *Sulla variazione dei fenomeni ottici dei minerali al variare della temperatura* (Mem. Lincei, 1906) — *Contributo allo studio fisico e chimico dei minerali che per riscaldamento sviluppano acqua* (Pubbl. R. Ist. sup. di Firenze, I, 1908, II, 1909). — *Sulla pirite dell'Elba* (Riv. min. e crist., 1909) — *Un giacimento di alunite nella liparite di Torriella* (Rend. Lincei, 1910). — *Sui minerali del giacimento di Tiriolo (Prov. di Catanzaro)* (Ivi, 1911) — *Sullo zolfo di Vulcano (Isole Eolie)* (Atti Acc. Gioen. Sc. nat., 1912) — *Millosevichite, nuovo minerale del Faraglione di Levante nell'isola di Vulcano* (Rend. Lincei, 1913) — *Contributo allo studio dei minerali dell'isola di Vulcano* (Mem. Soc. dei XL, 1914) — *Azioni fra gli enti costitutivi dei reticolati cristallini* (Mem. Lincei, 1935). — *Altri lavori su minerali vari, particolarmente della Toscana*. — *Litologia - Ricerche petrografiche, chimiche e geologiche sul Monte Ferrato (Toscana)* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., 1909) — *Ricerche petrografiche sulla regione Aurunca (Vulcano di Roccamonfina)* (Mem. Soc. dei XL, 1922).

PELLOUX ALBERTO: *Mineralogia e cristallografia - Appunti sopra alcuni minerali delle Cetine di Cotorniano presso Rosia (in provincia di Siena)* (Rend. Lincei, 1901) — *Contributi alla mineralogia della Sardegna* (Ivi, I, 1904, II, 1908) — *I minerali del gruppo del Gran Paradiso* (Boll. Club Alp. it., 1909) — *Sopra alcuni minerali dei dintorni di S. Vincent e Chatillon, in Valle d'Aosta* (Ann. Mus. civ. di Genova, 1913) — *La sellaita del marmo di Carrara* (Rend.

Lincei, 1919) — *I minerali italiani di tungsteno e la miniera di scheelite della Bedovina in Val di Fiemme (Venezia tridentina)* (La Miniera it., 1919) — *La zona metallifera del Bottino e della valle di Castello, i suoi minerali e le sue miniere* (Mem. Soc. lun. G. Capellini, 1922) — *Sferocobaltite ed altri minerali della valle del Neva (Liguria occidentale)* (Atti Mus. civ. di Genova, 1927) — *Contributi alla mineralogia albanese* (Per di Min. I, 1932, II, 1932) — *Mineralogia e geochimica - I minerali uraniferi e le sorgenti radioattive della miniera di Lursia presso Roccaforte di Mondovì* (Atti Soc. lig. Sc. 1934). — Moltissimi altri studi su minerali vari, specialmente della Sardegna, della Liguria, delle Alpi.

PERRIER CARLO: *Mineralogia e cristallografia - Sopra alcuni cristalli di gesso artificiale* (Rend. Lincei, 1915) — *Sullo zolfo di Zonda (S. Juan, Repubblica Argentina)* (Ivi, 1915) — *Contributo allo studio dell'idrozincite* (Atti Soc. it. Sc. nat. 1915) — *Metodo per la determinazione degli indici principali di rifrazione delle sostanze birifrangenti col piatto di Fedorow* (Rend Lincei, 1925) — *Sulla presenza del manganese e del titanio trivalenti nei granati* (Boll. R. Com. geol., 1925) — *Sull'isomorfismo tra antimonite e bismutinite* (Roma, 1925) — *Contributo alla conoscenza del metodo universale* (Boll. R. Com. geol., 1927). — Inoltre, studio cristallografico di alcuni composti artificiali. — *Litologia - Sulla eclogite filoniana di Voltaggio* (Boll. R. Com. geol., 1924) — *Sopra alcune rocce trachitiche di Porto Scuso (Sardegna)* (Ivi, 1925).

PIUTTI R.: *Geochimica - Minerali non radioattivi che contengono Elio* (Gazz. Chim. It., 1910).

QUERCIGH EMANUELE: *Mineralogia e cristallografia - Sulla vera natura della Miersite e della Cuproiodargirite* (Riv. di Min. e Crist., 1914) — *Il dioplasio di Cordova (Argentina)* (Rend. R. Acc. Sc. di Napoli, 1914) — *Sulla diffusione tra cristalli allo stato solido a temperatura ordinaria, e sua importanza nella minerogenesi* (Mem. R. Acc. Sc. di Napoli, 1915) — *A proposito dell'azione dell'hauerite sull'argento e sul rame* (Rend. Lincei, 1915) — *Lo zolfo dell'antimonite alterata di Selva presso Casal di Pari* (Ivi, 1915) — *Cenni su alcuni minerali dei tufi di Isernia (Campobasso)* (Ivi, 1915) — *Sulla prehnite nella diabase di Castelnuovo di Garfagnana* (Riv. Min. e cristal., 1915) — *Su un notevole cristallo di gesso di Bellisio* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1916) — *Sullo zolfo che accompagna alcune galene sarde* (Rend. Lincei, 1923) — *Ancora sullo zolfo che accompagna alcune galene sarde* (Ivi, 1923) — *Sulla celestite di Pietraperga e di Trabonella (Caltanissetta)* (Ivi, 1924) — *Sulla bismutinite* (Ivi, 1924) — *Studi cristallografici su alcune sostanze artificiali e II ed. della Mineralogia vesuviana di F. Zambonini.*

REPOSSI EMILIO: *Mineralogia e cristallografia - Su alcuni mine-*

rali della Gaeta (Lago di Como) (Atti Soc. it. Sc. nat., 1904) — *Su alcuni minerali del granito di S. Fedelino (Lago di Como)* (Rend. Lincei, 1906) — *I minerali della valle della Gava nel gruppo di Voltri. Una nuova varietà di talco* (Ivi, 1918) — *Azzurrite e malachite della miniera di Campo pisano (Iglesias)* (Mem. Lincei, 1923). — Diversi altri lavori su minerali della Lombardia, del Piemonte, ecc.; studi su composti organici, fumarati e derivati del benzolo. — Mineralogia e geochimica - *I filoni pegmatici di Olgiasca. Rinvenimento in essi di minerali di Uranio* (Atti Soc. It. sc. nat. 1914). — Litologia e psam-mografia - *La bassa valle della Mera. Studi petrografici e geologici I* (Mem. Soc. it. Sc. nat., I 1915, II 1916); inoltre ricerche su rocce varie della Lombardia, e dell'alto Uebi Scebeli. — *Osservazioni mineralogiche sopra alcune sabbie del sottosuolo della pianura presso Novara* (Atti R. Acc. Sc. di Torino, 1928) — *Studio mineralogico dei terreni agrari del Vercellese* (Ivi, 1929).

RODOLICO FRANCESCO: Mineralogia e cristallografia - *Appunti sulla fosgenite di Monteponi* (Rend. Lincei, 1928) — *Ricerche cristallografiche sul cinabro di Idria* (Ivi, 1929) — *Vesuviana del monte Spinosa nel Campigliese* (Ivi, 1931) — *Diopside e tremolite del Monte Spinosa nel Campigliese* (Ivi, 1931) — *Note su alcuni minerali dell'Albania settentrionale* (Per. Min. 1931) — *Osservazioni cristallografiche sull'ilvaite* (Ivi, 1931) — *Studi sulla datolite della formazione ofiolitica* (Ivi, 1933) — *Cristalli di cinabro del Monte Amiata e di calcosina dell'Impruneta (Toscana)* (Ivi, 1935) — *Studi sul rame nativo della formazione ofiolitica* (Ivi, 1936). — Alcuni altri lavori su minerali toscani. — Litologia - *Ricerche sulle rocce eruttive recenti della Toscana* (Mem. Soc. tosc. Sc. nat., I, 1931, II, 1934, III-IV, 1935). — *Inclusi scistoso-cristallini nella trachite del monte Amiata* (Per. Min. 1934) — *Un affioramento di scisti cristallini nell'Appennino settentrionale* (Ivi, 1937). — *Le zone vulcaniche di San Venanzo e di Cu-paello* (Boll. Sc. geol. it., 1937). — Alcuni altri lavori su rocce italiane.

SBORGI U.: Geochimica - *Studi e ricerche sui gas dei soffioni boraciferi con particolare riguardo al loro contenuto in elio e altri gas nobili* (Atti R. Acc. It., 1934) — *Presenza del cripto e dello xeno oltre che degli altri gas nobili, nei soffioni boraciferi toscani. Aspetti geochimici della composizione dei soffioni* (Mem. R. Acc. It., 1937).

SILVESTRI O.: Geochimica - *Découverte du Vanadium dans les laves de l'Etna* (Jorn miner. geol., Paris, 1866) — *Processi chimici e di dissociazione studiati nella lava fluente e nei fumaioli a elevatissima temperatura nel cratere centrale dell'Etna* (Atti Soc. It., Sc. Nat., 1870) — *I fenomeni vulcanici presentati dall'Etna dal 1866 al 1881. Studi di geologia chimica* (Acc. Gioenia Sc. nat., 1881).

SPEZIA GIORGIO: Mineralogia, minerogenesi, geochimica - *Sull'influenza della pressione nella formazione dell'anidrite* (Atti R. Acc.

Sc. di Torino, 1886). — *Sull'origine del solfo nei giacimenti solfiferi della Sicilia* (Torino, 1892) — *La pressione nell'azione dell'acqua sull'apofillite e sul vetro* (R. Acc. Sc. di Torino, 1895) — *La pressione nell'azione dell'acqua nel quarzo* (Ivi, 1895) — *Sul metamorfismo delle rocce* (Ivi, 1896) — *Contribuzioni di geologia chimica* (Ivi, 1898, 1898, 1900, 1901, 1902, 1905). — *Sulle inclusioni di anidride carbonica liquida nella anidrite associata al quarzo, trovate nel traforo del Sempione* (Ivi, 1904) — *Il dinamometamorfismo e la minerogenesi* (Ivi, 1905) — *Contribuzioni sperimentali alla cristallogenesi del quarzo* (Ivi, 1906) — *Sulle inclusioni di anidride carbonica liquida nella calcite di Traversella* (Ivi, 1907) — *Sull'accrescimento del quarzo* (Ivi, 1909) — *Sopra alcuni presunti effetti chimici e fisici della pressione uniforme in tutti i sensi* (Ivi, 1910) — *Presunti effetti chimici della pressione sul metamorfismo minerale* (Ivi, 1911).

TOSO P.: *Minerogenesi - Sul modo di formazione dei giacimenti petroliferi e solfiferi* (Boll. Com. Geol., 1916).

TRAVAGLIA R.: *Minerogenesi - Contributo agli studi sulla genesi di giacimenti di zolfo* (Boll. Com. Geol., 1889).

VINASSA DE REGNY P.: *Geochimica - I costituenti degli involucri terrestri e il numero molecolare* (Rend. Lincei, 1927) — *Elettroni e simmetria* (Nuovo Cimento, 1927) — *Su talune leggi geochimiche* (Boll. Soc. Geol. Ital., 1928) — *Geochimica* (Roma, 1932) — *Quanti anni ha la terra* (Milano, 1935).

VIOLA CARLO: *Mineralogia e cristallografia - Uber eine neue Methode zur Bestimmung des Lichtbrechungsvermögens der Minerale in den Dünnschliffen* (Tsch. min. u. petr. Mitth., 1894) — *Uber die gleiche Beleuchtung und die Bestimmung der Feldspäthe in den Dünnschliffen* (Ztsch. f. Kryst., 1895) — *Uber den Albit von Lakons (Insel Kreta)* (Tsch. min. u. petr. Mitth., 1896) — *Per l'anortite del Vesuvio* (Rend. Lincei, 1899) — *Uber eine neue Methode, die drei Hauptbrechungsindices eines beliebigen doppeltbrechenden Krystallen zu bestimmen* (Ztsch. f. Kryst., 1900) — *Die Bestimmung der optischen Constanten eines Krystalles aus einem einzigen beliebigen Schnitte* (Ivi, 1902) — *Der Albit aus der Nurra (Sardinien)* (Ivi, 1907). — Numerosissimi altri lavori di cristallografia teorica, di ottica cristallografica, ecc. — *Litologia - Studio petrografico di alcune rocce dell'isola d'Elba* (Boll. R. com. geol., 1894) — *Le rocce eruttive della Punta delle Pietre Nere in provincia di Foggia* (Ivi, 1894) — *L'augite antifobica di Giumarra presso Rammacca (Sicilia)* (Ivi, 1901) — *I principali tipi di lave dei vulcani Ernici (prov. di Roma)* (Ivi, 1902) — *Rocce a pleonasto di S. Piero in Campo (Isola d'Elba)* (In coll. con M. FERRARI, Mem. Lincei, 1910) — *Trattati - Grundzüge der Krystallographie* (Leipzig, 1904) — *Trattato di cristallografia* (Milano, 1920).

ZAMBONINI FERRUCCIO - Mineralogia e cristallografia - *Sul sanidino del Monte Cimino (Viterbese)* (Riv. Min. e Crist., 1898) — *Über zwei neue Hydrosilikate* (Ztsch. f. Kryst., 1899); sono descritte le due nuove specie müllerite e melite. — *Über den Piroxen Latiums* (Ivi, 1900) — *Sul sanidino* (Riv. Min., e Crist., 1900) — *Ricerche su alcune zeoliti* (Mem. Lincei, 1905). — *Ulteriori ricerche sulle zeoliti* (Ivi, 1906) — *Strüverite, un nuovo minerale* (Rend. R. Acc. di Napoli, 1907) — *Über Delorenzit, ein neues Mineral* (Ztsch. f. Kryst., 1908) — *Contributo allo studio dei silicati idrati* (Atti R. Acc. di Napoli, 1908) — *Mineralogia Vesuviana* (Ivi, 1909-10) — *Muthmannit, ein neues Mineral* (Ztsch. f. Kryst., 1911) — *Contributi allo studio di solfosali naturali* (Riv. Min. e Crist., 1912 e 1916) — *Grotthina, un nuovo minerale* (Rend. Lincei, 1913) — *Sulle soluzioni solide dei composti di calcio, stronzio, bario e piombo, con quelli delle terre rare* (Riv. Min. e Crist., 1915) — *Sur la véritable nature du titanolivine de la vallée d'Ala (Piémont)* (Bull. Soc. fr. de Min., 1919). *L'isomorfismo dell'albite con l'anortite* (Rend. Lincei, 1922) — *Su un solfobismutito di piombo di Vulcano (Isole Eolie)* (In coll. con O. De Fiore e G. Carobbi, Ann. R. Oss. Ves., 1924). E' descritto il nuovo minerale cannizzarite) — *Sulla presenza, tra i prodotti dell'attuale attività del Vesuvio, del composto $Mn_2 K_2 (SO_4)_3$* (In coll. con G. Carobbi, Ivi, 1924). E' descritto il nuovo minerale manganolangbeinite. — *Sulla presenza, tra i prodotti dell'attuale attività del Vesuvio, del tetraclorocupriato potassico d'idrato $K_2 Cu Cl_4$* (In coll. con G. Carobbi, Ivi, 1925). E' descritto il nuovo minerale Mitscherlichite. — *Sulla presenza del fluosilicato sodico e di quello di potassio tra i prodotti dell'attuale attività del Vesuvio* (In coll. con G. Carobbi, Rend. Lincei, 1926). E' descritto il nuovo minerale Malladrite. — Moltissimi altri lavori di morfologia e di chimica su svariati minerali, e molti altri in collaborazione con allievi, su argomenti vari di chimica minerale. — *Geochimica - Sulla radioattività della cotunnite vesuviana* (Rend. Acc. Lincei, 1907). — *Litologia - Über den metamorphosierten Gabbro der Rocca Bianca in Susa - Tale* (N. Jahrb. f. Min., 1906) — *Il tufo pipernoide della Campania ed i suoi minerali* (Mem. R. Com. geol., 1919) — *La roccia leucitica dell'Averno nei campi Flegrei* (in coll. con G. Carobbi, Atti R. Acc. di Napoli, 1930).

INDICE DEI NOMI CITATI (*)

(*) Esclusa la bibliografia.

- Abbolito**, 31, 266.
Agricola, (Vedi Bauer).
Airaghi, 113, 131, 135, 138, 148.
Airago, 170.
Airoldi, 28.
Albus, 132.
Almagià R., 89.
Aloisi Pietro, 151.
Amici G. B., 193.
Ampferer O., 59.
Anderlini, 294.
Andreatta C., 62, 63, 65, 249, 255.
Anelli, 28, 99, 145.
Anselmi, 106.
Aradas, 20.
Arago, 172.
Arbenz P., 59.
Arduino, 19, 61.
Argand E., 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 60.
Artini E., 59, 197, 198, 205, 206, 207, 234, 235, 250, 252, 253, 254.
Avicenna, 106.
Azzini, 250.
- Bakhuís Roozeboom M. W.**, 211
Baldacci, 32, 34, 105, 106, 199, 282, 283.
Baldissero, 194.
Balsamo-Crivelli, 219.
Baltzer, 44.
Baratta M., 31, 90, 98.
Barbolani, 135.
Baretti, 19, 26, 51.
Bargagli - Petrucci G., 284, 299, 300.
- Bartalini**, 206.
Bartholinus Erasmus, 169.
Bassani, 99, 132.
Bassoli, 120.
Bauer Georg, 157.
Baur, 214.
Beccaria G. B., 170.
Becke, 63, 217, 240, 245, 249, 298.
Becquerel, 287.
Bellardi, 128.
Bellini, 289, 290.
Berek, 241, 265.
Bergman, 158, 163, 179.
Berman, 231.
Berthelsen E., (Vedi Bartholinus Erasmus).
Bertrand L., 58, 193.
Bertrand M., 45, 46.
Berzelius, 264.
Bettoni, 143.
Bianchi A., 62, 63, 64, 65, 234, 250, 252.
Bianconi, 20.
Biasutti R., 90.
Bibolini, 106.
Billows, 204, 250.
Biot, 170, 172.
Biringuccio Vannoccio, 157, 158, 161, 182.
Blanc A. C., 22, 137, 147, 291, 292, 300, 301.
Boccaccio, 109.
Boegan, 96.
Boeris, 206.
Boldyrev, 226, 227.
Bombicci Luigi, 190.
Bonarelli, 31, 38, 112, 124, 130.
Bonatti, 233, 241, 251.

- Bongo, 31.
 Boni, 26, 96, 112, 113, 120, 133, 147.
 Bornemann, 137.
 Bosco, 135.
 Bottego, 199.
 Boussac J., 58.
 Bragg W. L., 224, 226, 228, 229, 230, 231.
 Brauns, 175, 265.
 Bravais A., 168, 181.
 Breithaupt, 159.
 Brentana, 136.
 Brewster Davide, 170, 171, 192.
 Brighenti A., 295.
 Brocchi, 19, 110, 113.
 Brögger, 194.
 Brugatelli L., 59, 191, 195, 197.
 Bucca, 199, 251, 252.
 Buch (von), 43, 44.
 Busatti, 197.
 Buxtorf A., 67.
C
 caccia, 25.
 Cacciamali G. B., 25, 59, 101.
 Cadisch Joos, 59, 66.
 Caglioti, 234.
 Campbell W., 264.
 Canavari, 20, 98, 99, 102, 118, 126, 127, 130, 133.
 Caneva, 138.
 Cantalamessa, 11.
 Capacci, 106.
 Capeder G., 89, 116, 127.
 Capellini, 19, 20, 27, 28, 135, 142.
 Carangeot, 160.
 Carobbi, 234, 251.
 Carpanese, 301.
 Casardi, 95.
 Cassetti, 30.
 Castiglioni B., 23, 65, 79, 89.
 Caterini, 117, 129.
 Catullo, 19, 61.
 Cavagnari, 148.
 Cavinato A., 65, 234, 251.
 Censigliachi L., 172.
 Cerulli - Irelli, 128.
 Checchia - Rispoli, 30, 120, 122, 123, 127, 131, 132, 133, 146.
 Chelussi, 252.
 Chiarughi, 149.
 Chudoba, 240.
 Ciofalo, 99.
 Cipolla, 32, 131, 148.
 Clarke F. W., 279, 300.
 Clerici, 249.
 Colacicco, 97.
 Colamonico C., 30, 90.
 Collegno, 19.
 Colomba, 197, 206, 234.
 Colosi, 115.
 Comel, 100, 101.
 Comucci, 252.
 Corbin P., 58.
 Cordier, 192.
 Cornalia, 25.
 Cornelius H. P., 59, 63, 64.
 Corradi, 104, 289.
 Cortese, 9, 31.
 Cossa A., 187, 194, 195, 196, 285, 286.
 Costa, 20.
 Covelli Nicola, 182, 183.
 Cozzaglio A., 24, 25, 59, 65.
 Craveri, 106.
 Crema, 30, 31, 34, 35, 97, 131, 145, 284.
 Crispolti Filippo, 153.
 Cronsted A. F., 175.
 Cumin G., 90.
 Cuppari, 98.
 Curie G. e P., 173, 233, 287, 289.
 Curioni, 20, 25.
D
 D'Achiardi A., 172, 188, 189, 190, 195, 197, 208, 234, 235, 236, 251, 253.
 D'Achiardi G., 197, 206, 235, 251, 252.
 Dainelli G., 23, 24, 30, 31, 34, 38, 39, 61, 75, 78, 89, 90, 96, 129, 137, 144, 146, 148, 252.
 Dal Piaz Giambattista, 62, 64, 65, 66, 135, 136, 143, 144.
 Dal Piaz Giorgio, 23, 24, 37, 57, 61, 64, 65, 136, 143.
 D'Ambrosi C., 24, 65.
 Dana, 246.
 Dante, 5.
 Da Rio, 19.
 Darwin, 113.

- De Alessandri, 120, 133.
 De Ambrosi D., 75.
 De Angelis d'Ossat, 103, 127, 139, 252.
 Debye, 224.
 De Beaumont E., 44.
 De Filippi, 38, 137, 252.
 De Gasperi G. B., 89, 90.
 De Giorgi, 20, 97.
 Degli Innocenti, 125.
 De Guidi, 97.
 Del Campana, 134, 135, 144.
 Delesse, 242.
 Delisle (Vedi Romé de l'Isle).
 De Lorenzo G., 22, 29, 30, 31, 74, 136, 141, 251.
 De Luca, 20.
 De Marchi L., 74, 90, 91.
 Del Vecchio, 116.
 D'Erasmus, 29, 31, 79, 132, 133, 136, 145, 148.
 Dervieux, 122.
 Descloizeaux, 172, 194.
 De Sénarmont H., 173.
 Desio A., 23, 24, 25, 35, 36, 37, 61, 65, 79, 103, 117, 129, 140, 145, 148.
 Dessau, 266.
 De Stefani, 20, 23, 27, 30, 31, 33, 36, 37, 61, 91, 96, 98, 99, 105, 138, 145, 146.
 De Stefano, 133, 134, 135.
 De Toni A., 37, 61, 65, 140, 143.
 De Zigno, 19, 61.
 Diaz - Romero, 148.
 Di Franco, 234, 251.
 Di Lonardo, 97.
 Di Poggio, 11.
 Di Stefano, 31, 32, 122, 131, 141, 143.
 Dyhrenfurth G., 59.
 Dolomieu, 162.
 Donati, 289.
 Donvillé, 123.
 Duca degli Abruzzi, 37, 117, 252.
 Duca di Spoleto, 148.
 Dufrenoy, 186.
Edlmann, 102.
 Elster, 291.
 Empedocle d'Agrigento, 109.
 Engler, 290.
 Erodoto, 109.
 Escher, 59.
 Exner, 174.
Fabiani R., 24, 32, 61, 65, 96, 127, 131, 134, 135, 146.
 Favre, 44.
 Fedorow E. (v.), 181, 204, 240, 241, 249, 256.
 Fenoglio M., 65, 234, 250, 251.
 Ferrandi U., 103.
 Feruglio G. e D., 24, 38, 65, 101, 138, 148.
 Figari (bey), 105, 147.
 Fizeau A., 173.
 Fornasini, 121.
 Fortis, 19, 146.
 Fossa - Mancini, 38, 106, 120.
 Fouqué, 193, 214, 294.
 Fracastoro, 110.
 Franceschi, 116.
 Francesconi, 288, 289.
 Franchetti, 35, 252.
 Franchi, 34, 51, 52, 53, 55, 105, 197, 198, 251.
 Frankenheim, 174, 181.
 Frech, 23.
 Fresnel A. J., 171.
 Friedrich, 203, 224.
 Frisoni A., 26.
 Fuchs, 176, 177.
 Fucini, 27, 28, 32, 117, 119, 129, 130, 134, 143, 144, 145, 146.
 Furlani - Cornelius M., 61, 65.
Gabelli, 117.
 Gadolin A., 168.
 Galdieri, 99, 141.
 Gallitelli, 231, 234, 251, 252.
 Gallo G., 290.
 Gasperini, 299.
 Gastaldi B., 19, 50, 51.
 Gatto M., 283.
 Gauss, 265.
 Gehler, 168.
 Geitel, 291.
 Gemmellaro, 20, 32, 138.
 Gemmellaro Gaetano Giorgio, 129, 141.
 Gemmellaro Mariano, 129, 141.
 Genna, 137.

- Gerfalco, 143.
 Gerlach, 52.
 Giannotti, 233.
 Giattini, 125.
 Gibbs, 218, 233.
 Gigli U., 295.
 Gignoux M., 32, 58.
 Ginori - Conti, 105, 106, 293, 295, 296.
 Goldschmidt, 204, 205, 217, 218, 225, 226, 227, 232, 276, 279.
 Gorceix, 294.
 Gortani M., 22, 23, 24, 61, 65, 90, 95, 100, 106, 117, 126, 130, 137, 139, 140, 148.
 Grailich, 174.
 Grassmann, 168.
 Grattarola Giuseppe, 191.
 Greco, 32, 38, 131, 143, 144, 147.
 Grill, 234, 250.
 Groth, 178, 182, 185, 229.
 Grubenmann, 217, 298.
 Guglielmini Domenico, 158, 162, 163, 179, 182.
 Guiscardi, 20, 161.
Haeckel, 113.
 Hammer W., 59, 61, 62, 65.
 Hankel G., 173.
 Haug, 48, 49, 58.
 Haüy (abate), 159, 162, 163, 164, 165, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 179, 180, 233.
 Heim Al., 44, 45, 46, 48, 60.
 Heritsch F., 61.
 Hermann F., 57.
 Herschel, 171.
 Hessel, 168, 181, 182.
 Hise (van), 217.
 Hofer Uberto Francesco, 293.
 Hoernes, 113.
 Hoff (van't), 212, 213.
 Horn, 45.
 Huygens Cristiano, 169, 173, 174, 179.
 Hull A., 226.
 Humboldt, 43.
Karslen, 165.
 Kaufmann, 47.
 Kdull (v.), 177.
 Knipping, 203, 224.
 Kobell (v.), 160.
 Kober L., 60.
 Kossmat, 65.
 Kilian W., 58.
Imbò, 30.
 Imperato Ferrante, 157.
 Issel A., 19, 26, 74.
Jannettaz E., 173
 Jenny H., 60.
Lacroix, 244, 148.
 Lamarmora, 20, 33, 144.
 Lamparelli, 97.
 Lapworth, 45.
 Lang, 130.
 Lavini, 253.
 Laue, 203, 223, 224, 229.
 Lawley, 134.
 Leonardi P., 23, 65, 129, 136, 141.
 Leonardo, 110.
 Le Sage, 159.
 Levi, 290, 294.
 Lévy - Michel, 165, 193, 194, 214, 239, 240.
 Lincio, 250, 289, 295.
 Lindgren, 260.
 Linneo, 158, 159.
 Linth E. (von der), 44.
 Lipparini T., 65, 124.
 Loczy, 149.
 Loevinson - Lessing, 194.
 Lory Ch., 51.
 Lotti, 20, 27, 29, 260.
 Lovisato, 137.
 Lucchese, 125.
 Lugeon M., 47, 48, 49, 52, 56, 58.
Maddalena, 104, 250.
 Machatschki, 231, 232.
 Malladra, 29.
 Mallard, 175, 181, 184.
 Malus, 170.
 Manasse, 197, 206, 207, 208, 251, 252, 300.
 Manca, 288.
 Manzoni, 28, 153.

- Maravigna, 20.
 Mariani, 142, 144, 147.
 Marinelli O., 34, 61, 75, 79,
 89, 90, 91, 252.
 Martelli A., 23, 33, 36, 37, 89,
 102, 131, 142, 146, 251,
 252.
 Martinelli, 290.
 Marzari - Pencati, 61.
 Mascagni Paolo, 293.
 Masini, 27, 28, 96.
 Matteucci, 29.
 Mattiolo E., 53, 196.
 Maugeri - Patanè, 141, 143.
 Meneghini, 20, 126, 130, 137,
 144, 188, 190.
 Melzi G., 198, 253.
 Mercalli, 29, 31.
 Merciai, 22, 27, 99, 142.
 Merla G., 61, 65, 91, 130, 138,
 148.
 Meschinelli, 134.
 Migliorini, 36, 142.
 Miller, 165, 167, 172, 204.
 Millosevich, 187, 199, 232, 234,
 250, 251, 252, 253, 270,
 288, 289, 298, 300.
 Minucci E., 79, 251.
 Misuri, 134.
 Mitscherlich, 172, 173, 176,
 177.
 Mohs, 166, 174.
 Moissan, 20.
 Monge, 164.
 Montanaro, 127, 128, 130.
 Monterin, 22.
 Monticelli, 20, 183.
 Moret L., 58.
 Mottura Sebastiano, 282, 283.
 Murdoch, 264.
Namias, 127.
 Nangeroni, 22, 25, 69, 91.
 Nardini, 149.
 Nasini, 105, 290, 293, 294,
 295, 296.
 Negri G., 59, 148, 149.
 Negri L., 130.
 Neumann Carl, 166, 167, 171,
 172, 173.
 Neviani, 118, 125, 127, 130,
 131.
 Newton, 170.
 Nicol, 45.
 Nicolis, 100.
 Nievo, 106.
 Niggli, 214, 216, 217, 219,
 245, 248, 260.
 Nikitin, 241.
 Nistri, 98.
 Nörrenberg, 171.
 Norzi, 294.
 Novarese V., 37, 53, 55, 64,
 197, 198, 252.
Oddo G., 280, 283.
 Onetti, 251.
 Onorato, 231, 232, 300.
 Omboni, 61.
 Orzel, 265.
 Orzi, 102.
 Osann, 194, 245.
 Oschatz A., 193.
 Osimo, 124, 126.
 Ostwald, 178.
 Oulianoff N., 58.
Padovani, 295.
 Pagani, 29.
 Payen, 294.
 Pallas, 43.
 Palmieri, 20.
 Panebianco R., 203, 204, 206.
 Panichi, 204, 207, 208, 231,
 249, 251.
 Pantanelli, 28, 29, 96, 125.
 Pareto L., 19, 26, 74.
 Parona C. F., 10, 34, 74, 117,
 120, 126, 128, 129, 131,
 139, 144, 145, 148, 149.
 Pasotti, 132.
 Pasteur, 172, 259.
 Patrini, 118.
 Pauling, 226.
 Peach, 45.
 Pekárek, 174.
 Pelloux, 234, 289.
 Perrier, 234, 249, 251
 Perrone, 97.
 Piepoli, 266.
 Pieragnoli, 120, 121, 147.
 Pilla, 20, 30, 74.
 Pini Ermenegildo (Padre), 161.
 Piolti, 197, 252.
 Piutti, 287.
 Platania, 29.

- Polifemo, 8.
 Ponzi, 20.
 Porlezza, 289, 294, 295.
 Porro C., 25, 59, 74, 106, 127.
 Portis, 134.
 Prever, 26, 124, 127.
 Preziotti, 96.
 Principi, 29, 30, 102, 103, 125, 143, 146.
 Prometeo, 8.
 Provale, 124.
 Puxeddu, 288.
Quercigh E., 206, 234.
 Quereau, 47.
Raguin E., 58.
 Ramdohr, 264.
 Ramsay, 292, 294.
 Redini, 28, 117.
 Regalia, 134.
 Reina, 147.
 Reinhard M., 59, 241.
 Repossi E., 25, 59, 207, 234, 250, 252, 254, 255, 288.
 Retgers, 198, 211.
 Revil J., 58.
 Ricciardi L., 286.
 Riecke, 298.
 Riess, 173.
 Ristori, 29, 96.
 Ritmann, 241.
 Riva C., 64, 191, 197, 198, 249, 251.
 Riva - Palazzi, 106.
 Roccati, 37, 197, 252.
 Rodolico, 234, 251, 266.
 Roger, 45.
 Romé de l' Isle, 158, 159, 160, 161, 162, 163.
 Rondolino, 250.
 Röntgen, 173, 203, 223, 224.
 Rosa, 113, 114, 115.
 Rosati, 251, 253.
 Rose, 173, 193.
 Rosenbusch, 193, 195, 248.
 Rosiwal, 242.
 Rossoni, 251.
 Roster G., 288.
 Rovereto G., 11, 27, 28, 33, 38, 75, 90, 105, 119, 128, 146, 149.
 Ruiz, 131, 144.
Sabatini, 29, 196, 199, 251, 252.
 Sabbatini V., 90.
 Sacco F., 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 65, 96, 100, 105, 106, 118, 128, 136, 145.
 Sainte Claire Deville, 294.
 Salinas, 133.
 Salmoiraghi F., 89, 198.
 Salomon, 63, 64.
 Salvadori, 294.
 Sander B., 61, 62, 63, 65, 255.
 Sanero, 250.
 Sanfilippo, 130, 146.
 Sansoni Francesco, 190.
 Savi, 20.
 Sborgi U., 294, 295.
 Scacchi, 20, 182, 183, 184, 185, 188, 191.
 Scalia, 119, 141.
 Scarabelli, 20.
 Scarsella, 29.
 Schard H., 47, 52.
 Scherillo, 251.
 Scherrer, 244.
 Schiaparelli, 253.
 Schiebold, 224.
 Schmidegg, 62.
 Schmidt W., 62, 255.
 Schneiderhöhn, 260, 261, 262, 264, 265, 266.
 Schoenflies A., 181, 182.
 Scopoli Giov. Ant., 176.
 Seebeck, 174.
 Seeber, 180.
 Segrè, 104.
 Sella Quintino, 182, 184, 185, 186, 187, 188.
 Semmola, 22.
 Sénarmont, 185.
 Sergi, 137.
 Serra, 99, 146, 234, 251, 290.
 Sestini A., 79, 91.
 Severi, 259.
 Sforza, 145.
 Shalem, 146.
 Silvestri, 20, 116, 118, 119, 122, 123, 124, 139, 148, 149, 286.
 Simoneili, 117, 142.
 Simotomai, 29.
 Sismonda, 19, 26, 50, 51, 52.

- Sohncke, 168, 181, 182.
 Soldani (abate), 110, 253.
 Sorby H. C., 192.
 Sorrentino, 33, 130.
 Spada - Lavini, 20.
 Spallanzani, 20.
 Spezia Giorgio, 190, 197, 252,
 283, 296, 297.
 Spitz A., 59, 64.
 Spreafico E., 59.
 Squinabol, 125.
 Staub R., 58, 59, 60, 62, 63,
 64, 65, 66, 67.
 Stefanini, 24, 28, 32, 35, 36,
 61, 96, 120, 130, 131, 132,
 142, 147, 149, 150, 252.
 Steinmann, 47, 59, 63.
 Stella, 35, 52, 53, 55, 96, 101,
 197, 260.
 Stella - Starabba, 22, 29, 33,
 234.
 Stenone N., 43, 158, 161, 162,
 169, 182.
 Stensen Nils (Vedi Stenone).
 Stoppani A., 10, 20, 25, 74,
 142.
 Stoppani M., 59.
 Struever Giovanni, 186, 187,
 194, 197.
 Strunz, 231.
 Strutt, 292.
 Studer B., 44, 59.
 Suess E., 44, 45, 60, 61, 139.
 Svetonio, 109.
 Swartz, 231.

Tamman, 214.
 Taramelli T., 19, 20, 22, 23,
 24, 25, 26, 31, 59, 61, 74,
 95, 96, 105.
 Taricco, 33, 118, 137.
 Tavani, 120.
 Tedeschi, 125.
 Tellini, 96.
 Tenore, 20.
 Termier, 48, 49, 51, 58.
 Theobald, 59.
 Toniolo R., 89, 90, 96.
 Tommasi, 140.
 Torbern Bergman, 162.
 Toso, 283.
 Travaglia, 283.
 Trauth, 118.

 Trener G. B., 64, 65.
 Trevisan L., 65, 145.

Ugolini R., 28, 79, 89, 97,
 101, 102, 103, 129, 136,
 251, 252.
 Uhlig, 48, 49.
 Ulrich, 119.
 Uzielli, 198.
 Uzuelli Gustavo, 190.

Vallisneri, 61.
 Valtassa, 147.
 Vanni M., 89.
 Vardabasso S., 33, 61, 64, 65,
 91.
 Varisco, 25.
 Venzo S., 65, 130, 147.
 Vernadsky W., 279, 280, 281.
 Verney, 97, 98.
 Verri A., 74, 96, 195.
 Vialli, 120, 141, 144.
 Vicentini, 290.
 Videsott P., 79.
 Villa G. M., 79.
 Vinassa de Regny P., 23, 34,
 37, 61, 65, 97, 99, 100,
 103, 106, 112, 115, 116,
 118, 119, 124, 126, 137,
 139, 141, 142, 144, 146,
 147, 148, 149, 242, 281,
 301.
 Vinçart, 160.
 Viola, 207, 233, 234, 235.
 Voigt W., 175.
 Vogt, 214, 300.

Waltershausen Sartorius (v.) 186.
 Wanner, 149.
 Websky, 193.
 Wegener, 57.
 Weiss, 165, 166, 167, 171, 180,
 204.
 Werner, 192.
 Westfeld, 179.
 Whewell, 167.
 Winkler A., 61, 65.

Yakovlew, 139.

Zaccagna D., 27, 35, 53, 130,
 145.
 Zachariasen, 226.

- Zambonini, 187, 206, 208, 211
212, 228, 229, 231, 234,
250, 251, 269, 270, 271,
286, 287.
- Zenari S., 24, 65, 96.
- Zirkel, 193, 195.
- Zuffardi - Comerci, 117, 119,
124, 126, 127, 131, 145,
148, 149.
- Zuffardi P., 30, 37, 91, 136,
146.
- Zunini, 113.

INDICE GENERALE

GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
(a cura di *P. Vinassa de Regny*)

I Generalità	pag.	3
II Geologia generale e descrittiva	»	17
III Le nuove vedute tettoniche nella regione alpina (a cura di <i>G. B. Dal Piaz</i>)	»	41
IV La morfologia terrestre nei suoi rapporti con la Geologia (a cura di <i>G. Nangeroni</i>)		
1) Generalità	»	71
2) Influenze generali e dirette della strut- tura sulla topografia	»	75
3) Influenze indirette della struttura sulla topografia	»	80
a) Influenza delle rocce sul modella- mento	»	81
b) Influenza della inclinazione degli strati sul modellamento	»	83
c) Influenza delle faglie sulla morfo- logia	»	88
V Geologia applicata	»	93
VI La Paleontologia	»	107
A - Problemi generali	»	111
B - Paleontologia zoologica	»	116
C - Paleontologia cronologica	»	121

a) Gruppi e generi di fossili animali	pag. 121
b) Faune fossili	» 137

MINERALOGIA

(CRISTALLOGRAFIA - PETROGRAFIA)

(a cura di *Piero Aloisi*)

Premessa	» 153
I Sviluppo della Mineralogia come scienza esatta nel sec. XIX	» 155
a) Cristallografia morfologica	» 157
b) Cristallografia fisica	» 169
c) Cristallografia chimica	» 175
d) Struttura dei cristalli	» 179
e) Mineralogisti italiani del sec. XIX	» 182
f) La litologia in Italia nel sec. XIX	» 191
II Il primo decennio del sec. XX	» 201
III I nuovi indirizzi: influenza delle teorie della Chimica - Fisica	» 209
IV Dal 1912 ad oggi: applicazione dei raggi X alla determinazione della struttura dei cristalli; progressi della Cristallografia in questo indirizzo	» 221
V Sviluppo degli studi di Petrografia	» 237
VI Applicazioni della Mineralogia - Moderni metodi di studio dei giacimenti metalliferi - Le nuove applicazioni	» 257
VII Conclusione	» 267

GEOCHIMICA

(a cura di *Federico Millosevich*)

a) Geochimica in generale	» 275
b) Principi teorici	» 280
c) Ipotesi di Minerogenesi	» 281
d) Inizi di sperimentazione geochimica	» 285

e) Radioattività di minerali e di rocce	pag. 287
f) Ricerche sul torio e sul radiotorio	» 291
g) Vapori e gas naturali	» 293
h) Minerogenesi sperimentale	» 296
i) Biogeochimica	» 298
l) Divulgazione e Didattica	» 300

BIBLIOGRAFIA GENERALE

I Geologia e Paleontologia	» 305
II Mineralogia (Cristallografia, Petrografia, Geochemica)	» 331
Indice dei nomi citati	» 347

FINITO DI STAMPARE IL GIORNO
5 APRILE 1939 (XVII) PER CONTO
DELLA CASA ED. VAL. BOMPIANI
COI TIPI DELLE
ARTI GRAFICHE CHIAMENTI
VERONA