

SUL METAMORFISMO DI CONTATTO

SUBÌTO DALLE

ARENARIE PERMIANE DELLA VAL DAONE

PER

GUGLIELMO SALOMON

Estratto dal Giornale di Mineralogia, Cristallografia e Petrografia
diretto dal Dott. F. Sansoni. — Fasc. 1-2, Vol. V. — 1894.

PAVIA

PREMIATA TIPOGRAFIA FRATELLI FUSI

1894.

Seinem lieben Vater als Gruss
aus fremdem Lande und in fremder Sprache!

Sul metamorfismo di contatto, subito dalle arenarie permiane della Val Daone

PER

GUGLIELMO SALOMON

in Pavia.

Salendo da Creto nella Val Giudicaria al piccolo paese di Daone, situato in alto sopra il Chiese, attraversiamo gli strati del Trias medio ed inferiore, finchè arriviamo nella regione dell'arenaria permiana (arenaria di Gröden). Questa s'estende fino quasi al contatto della tonalite. Reyer (1) visitò la Val Daone; venne dalla parte superiore, chiamata « Val di Fumo » ed osservò al di sotto del confine tonalitico « *gewaltige Anhäufungen von Gesteinen, welche ich als Tuffe und Tuffsandsteine der Eruptivmassen des Adamello auffasse; weiterhin gehen diese klastischen Gebilde über in Grödener Sandstein* ».

Reyer dedusse dalle sue osservazioni che una parte delle « eruzioni » tonalitiche ha avuto luogo nell'epoca permiana.

Pochi anni dopo Edoardo Suess visitò la stessa valle, ma ebbe una impressione affatto diversa e espresse la sua opinione come segue: (2) « Der Grödener Sandstein besitzt im untersten Theile dieses langen Thales seine normale rothe Färbung und unter demselben wird im Thalgrunde der permische Porphy sichtbar. Schon mehr als tausend Meter vom Contact aber *verwandelt* sich dieser wegen seiner grossen Feuerbeständigkeit in den Schmelzwerken der Alpen so hochgeschätzte Sandstein in einen braungrauen Quarzit; in eine ähnliche Felsart gehen auch einzelne Bänke der unteren Trias über, wie das Vorkommen scharfer Hohlräume der Naticella costata in denselben beweist. Solche Quarzitbänke bilden in grosser Mächtigkeit die Gehänge des Thales ». Poi aggiunge: « Der dunkle und dick-

(1) Neues Jahrbuch für Mineralogie ecc. Beilageband I, 1881, p. 434.

(2) Das Antlitz der Erde. Bd. I, p. 316, Wien. 1885.

bankige Quarzit innerhalb der Marmorzone « (fra il Lago d'Arno ed il Lago di Campo) » ist aber identisch mit dem veränderten Grödner Sandstein des unteren Val di Daone. Etwa im Horizonte der Werfener Schichten erscheinen wahre Fleckschiefer ».

Siccome sono pochi i casi noti, in cui arenarie hanno subito il metamorfismo di contatto in vicinanza di rocce plutoniche, rarissimi quelli in cui la roccia metamorfizzante è una diorite mi decisi sulla base di queste indicazioni di Suess di sottoporre la regione descritta ad un esame più accurato.

Nell'autunno del 91 passai dal Lago d'Arno per il passo del Lago di Campo nella Val Daone e scesi fino alla località « Prati maggiori », poco sotto lo sbocco della Val Buona. Ma risultandomi dalle ricerche microscopiche eseguite nell'inverno seguente che sarebbe stato desiderabile di esaminare più ricco materiale d'arenarie sicuramente non metamorfizzate, vi ritornai ancora nel 1892 e questa volta visitai accuratamente tutto il lato sinistro della valle del Chiese da Creto fino alla tonalite.

La pubblicazione dei risultati fu ritardata fino ad ora da altri lavori e circostanze personali. Intanto anche Ferdinando Löwl visitò il Lago d'Arno e confermò l'osservazione di Suess riguardo al metamorfismo dell'arenaria permiana alla riva settentrionale del lago. Lo descrive nei termini seguenti: « Man kann an den glattgescheuerten Rundhöckern des Felshanges sehr gut beobachten, dass der streifige und gebänderte Sandstein, der lagenweise in Quarzkonglomerat übergeht, durch den Tonalit bis auf eine Entfernung von ungefähr 50 m in ein quarzitisches Gestein umgewandelt wurde » (1).

Descriverò prima le mie osservazioni geologiche; poi darò i risultati delle ricerche petrografiche. Alla fine confronterò i miei risultati con quelli ottenuti da altri scienziati in analoghi studi.

Parte geologica.

Il paese di Daone è fabbricato su arenarie permiane di un colore rosso intenso, divise in banchi or più or meno potenti. In vicinanza della piccola osteria del « Tirus » sulla strada gli strati sono verticali e diretti a N 75 E. Un po' più in alto nella valle prendono una ripida inclinazione verso Sud. Sono attra-

(1) Petermanns Mittheilungen. 1893. Heft IV-V, p. 15. Die Tonalitkerne der Rieserferner in Tirol.

versati da fessure, riempite spesso di quarzo secondario e dirette a N25E con 80° d'inclinazione verso N O. Dopo il « Ponte di Murandin » la strada raggiunge il porfido quarzifero osservato già da Lepsius (1) e Suess (l. c.) e lo abbandona solo poco prima del « Canal da Pasten ». Là, presso il piccolo ponte murato, affiorano arenarie. Presso la località « Gaigole » queste hanno color grigio e sono attraversate da fessure piene di quarzo, dirette a N 25 E ed inclinate ripidamente verso N O. L'abito delle arenarie comincia a cambiare. Si alternano varietà a grana grossa e fina, colorate in viola, grigio, bruno o bruno rossastro. Solo raramente contengono frammenti più grandi di quarzo. Certo è che non si trovano più varietà di un colore rosso così vivo come nei pressi di Daone. Fra la località « Scorzade » ed i « Prati Maggiori » si riconosce facilmente che gli strati, divisi in banchi potenti, sono quasi orizzontali ed hanno al più una debole inclinazione verso N N E. Questa disposizione si mantiene fino al di là dello sbocco della Val Buona, vicino alla quale trovai conglomerati con ciottoli di porfido quarzifero, interstratificati fra le arenarie. Ma immediatamente dopo « Pracùl » si osservano strati di arenaria a grana grossa diretti a N 25 E ed inclinati con 18° verso N O. La direzione degli strati rimane assai costante da quel punto fino al contatto della Tonalite. Ma l'inclinazione aumenta, come risulta dalla tabella seguente

Località	Direzione	Inclinazione
1. presso Pracùl	N 25 E	18° N O
2. più in sù	"	30° "
3. " "	N 20 E	54° "
4. " "	N 10 E	35° "
5. " "	N 20 E	45° "
6. nei primi scisti interstratificati	N 11 E	62° "
7. più in sù	N 10 E	30° "
8. sopra la cappella	N 30 E	80° "
9. nello slargamento della valle sotto (il canale dell'Ert	N 10 E	70° "
10. ancora più vicino alla Tonalite	N-S	68° "
11. poi	N 10 E	70° "
12. finalmente negli strati di Werfen sopra la strada nel canale dell'Ert	N 10 E	90° " (solo di rado con ripida inclinazione verso N O).

(1) Das Westliche Südtirol. Berlin. 1878. Sulla carta geologica di Lepsius il porfido si estende troppo verso N O; scompare prima dello sbocco della Val Ribor.

Poichè la valle, in cui questi affioramenti furono osservati e misurati, corre in massima normalmente alla direzione delle arenarie, così risulta un profilo abbastanza semplice. La direzione degli strati coincide colla direzione del confine tonalitico. La loro inclinazione aumenta da 0° fino a 90° ed è diretta sempre verso la tonalite. È rimarchevole che le fessure sopra descritte che furono osservate vicino al paese di Daone a grande distanza dalla tonalite, sono ugualmente dirette che gli strati dislocati vicini alla roccia eruttiva, benchè si trovino in un lembo differentemente orientato. Abbiamo dunque qui nel terreno permiano e nel trias inferiore fatti analoghi a quelli osservati da Lepsius (1) e Suess (2) al Monte Doja per il trias medio. Non voglio spiegare in questo lavoro la differente orientazione geologica dell'arenaria permiana dei dintorni di Daone, perchè i fenomeni del metamorfismo di contatto non si estendono fino in quella regione. È però probabile, che quel lembo di arenarie dirette a N75E sia separato per una faglia dagli strati orizzontali della regione di Scorzade, Prati Maggiori e Val Buona. Il porfido quarzifero di Murandin è probabilmente una colata, non un filone. Ciottoli di porfido petrograficamente simili si trovano nei banchi di conglomerato, vicino allo sbocco della Val Buona. L'importanza di questi fenomeni geologici spiegherò presto in un altro lavoro.

L'abito petrografico delle arenarie cambia riguardo al colore, alle dimensioni della grana ed alla natura degli elementi componenti. Assieme a veri conglomerati con ciottoli della grossezza di un pugno si trovano arenarie ordinarie a grana grossa o fina e perfino rocce che all'occhio nudo appaiono intieramente omogenee. In generale non c'è struttura scistosa; però in alcuni punti sono interstratificati alle arenarie anche veri scisti che come risulta dall'esame microscopico, sono composti dagli stessi minerali e si distinguono solo per le dimensioni più piccole dei componenti e per la loro struttura finamente scistosa. Le arenarie sono divise in banchi potenti, le cui direzioni geologiche coincidono con quelle degli scisti. È provato perciò che la scistosità di questi è primaria, non trasversale. L'esame petrografico delle arenarie e dei conglomerati dimostra che, questo sistema di rocce permiane consiste non soltanto di elementi di porfidi quarziferi

(1) l. c. p. 73 e 222.

(2) l. c. p. 315.

permiani, ma anche spessissimo degli scisti cristallini prepermiani. Elementi tonalitici mancano intieramente (1).

Non ho mai potuto trovare fossili nelle arenarie della Val Daone; ma Curioni (2) asserì d'aver scoperto tracce non determinabili di vegetali, in massi caduti dalla montagna in vicinanza del canale dell'Ert. Suess (l. c. p. 316) constatò « scharfe Hohlraum der Naticella costata » in banchi quarziticci simili a quelli dell'arenaria permiana metamorfizzata.

Secondo le mie osservazioni sulla costituzione geologica della valle, questi banchi non possono essere stati osservati che in vicinanza del contatto, dove gli strati di Werfen si sovrappongono concordanti agli strati superiori delle arenarie permiane; e la presenza della Naticella costata, fossile guida della parte superiore degli strati di Werfen, negli strati metamorfizzati è la prova paleontologica dell'accuratezza nella determinazione stratigrafica.

Naturalmente qui non posso entrare nella questione, se gli orizzonti inferiori delle nostre arenarie, sovrapposte a filladi senza fossili, non siano o meno i rappresentanti di una parte del Carbonifero (3). Certo è soltanto che quelle arenarie che contengono frammenti di porfido quarzifero sono da ritenersi permiane.

Se guardiamo ora, quale importanza abbiano le relazioni geologiche descritte per le ricerche petrografiche seguenti, risulta che nel fondo della Val Daone fra il paese di Daone, e la tonalite affiorano orizzonti differentissimi dell'arenaria di Gröden.

L'avvicinamento alla tonalite non ha luogo nella direzione degli strati, ma normalmente a questa. Perciò era impossibile di riconoscere con sicurezza lo stesso strato in diversa distanza dalla tonalite. Per avere nondimeno risultati attendibili sul modo del metamorfismo ho dovuto esaminare un numero grandissimo di varietà normali, non metamorfizzate, delle arenarie; e così credo di essere in grado di distinguere con sicurezza i fenomeni metamorfici dalle differenze petrografiche, basate puramente sull'alternanza di diverse varietà. Rinunciai intieramente ad analisi chimiche quantitative, destinate a constatare se

(1) Già Stache (Verh. d. K. K. geol. Reichsanst.) fece osservare la mancanza di ciottoli di tonalite nei conglomerati preterziari. 1880, p. 255.

(2) Geologia della Lombardia, p. 51. L'Annularia trovata da Curioni in un masso erratico petrograficamente simile a Sud di Creto nella valle del Chiese non può essere usata per la determinazione dell'età dei nostri strati essendo tutta quella regione ingombra di massi erratici trasportati dai ghiacciai.

(3) Usando dunque in questo lavoro per maggiore brevità l'espressione « sistema permiano », lo faccio sempre colla riserva che la parte inferiore potrebbe appartenere al Carbonifero.

avesse avuto luogo una immigrazione di sostanze provenienti dalla massa eruttiva, giacchè non potevano ottenersi dati sicuri, viste le circostanze geologiche descritte. Finalmente aggiungo che affiorando nell'ultimo tratto della valle prima del contatto colla tonalite gli strati di Werfen ci manca la zona più interna e secondo ogni probabilità più intensamente metamorfizzata delle arenarie. Solo ad incirca 150-200 m. di distanza dalla tonalite affiorano i primi sicuri strati dell'arenaria di Gröden. Il contatto di queste colla roccia plutonica non è visibile ma è da ricercarsi a centinaia di metri sotto il fondo della valle.

Parte petrografica.

A. *Strati normali.*

Oltre a frammenti più grandi di rocce preesistenti e cioè, come fu già detto, di porfido quarzifero e scisti cristallini, i minerali seguenti partecipano alla composizione delle arenarie permiane della Val Daone: quarzo, ortose, plagioclasio, muscovite, biotite, magnetite, ematite, leucoxeno, tormalina, zircone, rutilo, clorite, calcite, brunispato, limonite.

I caratteri di questi minerali sono assai costanti in tutte le varietà di arenarie, conglomerati e scisti esaminate; dimodochè invece di ripetere ad ogni descrizione delle diverse rocce gli stessi caratteri dei minerali, credo opportuno dare prima una descrizione generale dei minerali notando poi brevemente e volta per volta le differenze nelle varietà più marcate delle rocce.

Il *Quarzo* si trova in quantità grande in tutte le varietà di arenarie e nei conglomerati; è meno abbondante negli argillo-scisti interstratificati. I suoi granuli sono di natura allotigena, manifesta pei loro contorni irregolarmente angolosi; tuttavia vi si nota un andamento regolarmente lineare per tratti assai estesi, invece di essere minutamente dentellati, come i quarzi degli scisti cristallini. Ciò del resto è bene evidente solo nelle sezioni veramente sottili, perchè altrimenti entro il piano della sezione per la sovrapposizione irregolare del cemento dell'arenaria sui granuli del quarzo, ne deriva un contorno complicato e solitamente più frastagliato. Le dimensioni dei granuli sono assai variabili. Spesso a Nicol incrociati, si rivelano composti di diversi individui uniti fra loro a formare un solo granulo elastico e concresciuti con limiti irregolarissimi, finamente merlati e dentati. Il quarzo è sempre limpido e contiene spesso inclusioni

liquide con libelle mobili o immobili, distribuite irregolarmente, o ordinate nelle serie ben note. Il numero delle inclusioni liquide non è costante; in alcune sezioni furono riscontrate in quasi tutti i quarzi in numero assai grande; in altre sezioni mancano quasi intieramente, e in altre infine sono così minute da non essere accertabili con sicurezza, neanche con forti ingrandimenti. Non sono rari fenomeni cataclastici, che si manifestano per l'estinzione ondulata, o per la frantumazione di granuli omogenei in numerosi granuli più piccoli, nei quali, per mezzo dell'orientazione ottica pressochè rimasta identica, si può riconoscere il contesto iniziale. Oltremodo frequente è inoltre quella struttura ben nota di aspetto quasi fibrillare, che ricorda il feldispato pertitico, e che da tutti gli autori fu ritenuta sempre come prodottasi per effetto di pressione (1). Non ho mai potuto verificare una ricristallizzazione di sostanza silicea secondaria intorno ai granuli elastici come è stato osservato in tante arenarie di tutte le epoche geologiche. Le fenditure di queste arenarie sono spesso riempite di quarzo secondario, la struttura del quale non si distingue da quella dei filoni quarzosi di altre rocce.

Ortose. In quasi tutte le varietà di queste rocce furono osservati granuli elastici di un minerale, che pei suoi caratteri ottici, la sfaldatura, e il processo dell'alterazione per lo più già avviato, deve riferirsi a feldispato: poichè mancano del tutto strie di geminazione polisintetica, è probabile che esso sia in gran parte da ascrivere all'ortose. Non mi fu possibile una determinazione più estesa, sicura dei caratteri chimici e fisici, poichè i granuli del minerale sono troppo piccoli e quasi sempre anche troppo decomposti. È in minor quantità del quarzo.

Insieme all'ortose si trovano anche granuli di *plagioclasio* in geminati polisintetici, che secondo la varietà della roccia ora sono freschi, ora appaiono alterati, preferibilmente in calcite. Naturalmente non si esclude che una parte dei granuli non striati possa appartenere al plagioclasio. — Non mi fu possibile constatare con certezza la presenza del microclino. Frequenti osservansi fenomeni di pressione.

Muscovite. Trovasi o in lamine assai estese non di rado piegate o sfrangiate, ovvero a prender parte alla composizione del cemento; per lo meno gran parte delle squamette di questo, vi-

(1) Vedi Zirkel. Lehrbuch der Petrographie. Seconda edizione. Vol. I, pag. 196 dove è indicata tutta la bibliografia di questo fenomeno.

sibili a forte ingrandimento, sono da riferirsi a questo minerale presentando esse i vivaci colori di polarizzazione propri a questa specie: in tal caso non può per altro decidersi con sicurezza, se la muscovite sia allotigena piuttosto che autigena.

In quasi tutte le varietà di arenarie ho osservato sezioni spesso allungate di un minerale anisotropo pleocroico, il colore del quale va dal giallo-brunastro al bruno nero, ma che non di rado presenta una leggera tinta rossastra. L'orientazione ottica corrisponde a quella della *biotite*; è spesso sfrangiata secondo la direzione maggiore di allungamento; non di rado fu osservato un concrescimento con la muscovite secondo {001}. Una vera e propria sfaldatura non è direttamente accertabile, e tutto al più accennata dalla predetta sfrangiatura. A luce riflessa questo minerale non mostra le qualità caratteristiche della superficie dei minerali del gruppo delle miche, e neppure a luce trasmessa si ha l'apparenza della *biotite* comune. Nonostante queste differenze è a ritenersi abbastanza sicura la sua determinazione. Probabilmente si tratta di una speciale alterazione, per cui invece di una nuova produzione di clorite, o scomparsa di sostanza colorante, producesi un intorbidamento del minerale che perde la sua abituale lucentezza ed una parte della sua trasparenza.

La *magnetite* si presenta in tutte le arenarie non metamorfizzate della Val Daone in granuli irregolari che si riconoscono facilmente a luce riflessa per la loro lucentezza metallica nero-bleuastro. Non osservai mai cristalli. In un campione raccolto dal signor Dott. Carlo Riva nella Val Caffaro e messo gentilmente a mia disposizione, *la magnetite forma insieme con altri minerali pesanti dei fini straterelli paralleli*, manifestando così evidentemente la sua natura allotigena.

In molte sezioni si osservarono oltre ai granuli di *magnetite* anche granuli grigi opachi, a luce riflessa biancastri che convenzionalmente si denominano *leucoxeno*. Non si poté decidere sicuramente, se questo fosse stato trasportato già nel suo stato attuale nel sito della deposizione dei materiali, destinati a diventare arenarie, o se si fosse formato nell'arenaria già solidificata per l'alterazione di un minerale preesistente.

Nelle arenarie rosse dei pressi di Daone si trovano innumerevoli piccoli granuli opachi che a luce riflessa presentano un colore rosso evidente. Un saggio qualitativo chimico avendo dato indizio di notevole quantità di ferro nella roccia mi in-

duce a ritenere con grande probabilità che si tratti di *ematite*. Certo è che difficilmente si potrebbe spiegare il colore rosso vivo di questa arenaria, se non per la presenza di questo minerale, essendo tutti gli idrossidi di ferro colorati in bruno.

La *tormalina* è un componente costante, benchè non si trovi che in quantità piccola; presentasi sempre in granuli elastici di forma irregolare: il suo colore varia. Si trovano frammenti con un colore che va dall'azzurro cinereo chiaro all'azzurro cinereo oscuro; ed altri colorati in un verde giallognolo chiarissimo, quasi incolore, rispettivamente verde oliva cupo. Ne osservai uno colorato nel centro in azzurro cinereo circondato da una zona esterna verde. È priva o quasi di inclusioni. La sua *quantità è in proporzione inversa alle dimensioni della grana della roccia* aumentando cioè se la grana diventa più fina. Questo fatto si spiega assai semplicemente, se si considera che col progredire della fluitazione per trasporto meccanico dell'acqua, il materiale delle arenarie doveva relativamente e necessariamente arricchirsi di minerali resistenti, duri e pesanti come la tormalina. Difatti nella roccia già suaccennata della Val Caffaro si trova insieme colla magnetite e col zircone in piccoli strati.

Il *zircone* si presenta non meno frequentemente, benchè in quantità ancora minore, in parte in granuli elastici, in parte però anche in cristalli ben definiti. Tuttavia è fuori di dubbio che non ha cristallizzato nelle arenarie, ma è un residuo di rocce preesistenti, che mantenne la sua forma esterna solo in conseguenza delle sue piccole dimensioni e della sua grande durezza e resistenza dirimpetto agli agenti atmosferici. L'estinzione parallela, la mancanza di un colore proprio, il rilievo forte e la viva birifrazione lo caratterizzano sufficientemente.

Rutilo fu osservato solo in poche sezioni quale componente primario. Anch'esso senza dubbio è allotigeno, benchè si trovi spesso bene cristallizzato. Si distingue facilmente per il suo colore giallo-bruno dal zircone. Quale minerale secondario si presenta in alcune sezioni nella forma dei noti reticolati di *sagenite*. In questo caso rappresenta probabilmente un residuo di *biotite* alterata.

Clorite non fu determinata con sicurezza, però non è escluso che una parte delle piccole squamette del cemento possa riferirsi ad essa. Il motivo di questa supposizione sarà spiegato nella descrizione dei minerali metamorfici.

La *calcite* si trova in alcune varietà di arenaria quale mi-

nerale secondario formato a spese del plagioclasio. La sua quantità perciò è sempre piccola. In un solo sito della valle, vicino alla località Prati Maggiori trovai questo minerale in piccoli cristalli a riempire fenditure sottili della roccia; essi sono associati in modo da formare fini strati paralleli ed ondulati simili all'agata. Un saggio qualitativo provò che il contenuto in magnesia è oltremodo piccolo. Anche qui l'origine della calcite non è dubbia; ma in alcune sezioni fatte di campioni della località Dastione osservai anche sezioni più grosse romboedriche in mezzo ad una pasta più fina consistente dei soliti elementi dell'arenaria. Questi cristalli racchiudono quarzo, mica ed altri minerali allotigeni e presentano in una sezione *una struttura zonale* abbastanza caratteristica. Il nucleo romboedrico è circondato da due zone di identica orientazione ottica. La zona media è sottile e ricca di ossidi di ferro, dimodochè si distingue bene dal nucleo e dalla zona esterna, ambedue trasparenti e privi di inclusioni oscure. La zona esterna è formata assai irregolarmente, ora più larga, ora più stretta della zona media e sporge con contorni affatto irregolari nella arenaria circostante. È sicuro che le zone esterne di questi cristalli di calcite sono dovute *ad una seconda e terza cristallizzazione* che però a differenza delle note ricristallizzazioni di minerali d'arenarie (quarzo, feldispato, orneblenda) non ebbero luogo intorno a granuli clastici, ma intorno a cristalli autigeni, formatisi sul sito nell'arenaria già solidificata, per l'alterazione di un minerale allotigeno (plagioclasio). Perciò i nostri cristalli racchiudono numerose inclusioni. Il fatto apparentemente assai strano che i romboedri abbiano potuto cristallizzare in un mezzo solido sarebbe difficile da spiegare, se non fossero noti i così detti « cristalli d'arenaria » di Fontainebleau e Dürkheim che non sono altro che cristalli di calcite formatisi in mezzo a sabbie di quarzo. Noi abbiamo qui nelle arenarie permiane della Val Daone lo stesso fenomeno, bensì in una scala più piccola. Un tal fatto fornisce una nuova prova della forza cristallizzatrice della calcite, tanto più che essa nelle nostre arenarie è prodotta dall'alterazione del plagioclasio, talmentechè non può essersi formata che dopo la solidificazione delle nostre rocce.

Al *brunispato* riferii piccoli cristalli romboedrici che alterandosi danno origine a limonite e perciò quasi sempre sono colorati in un giallo-bruno. Si trovano quali inclusioni nel feldispato ed anche in altri minerali allotigeni delle arenarie.

La *limonite* finalmente presentasi quale prodotto di decomposizione dei minerali ferriferi descritti, però mai in quantità rimarchevole.

Tutti i cristalli e frammenti più grandi di minerali e rocce sono circondati e racchiusi da un *cemento* più o meno abbondante, il quale a ingrandimento debole appare spesso omogeneo, ed è di colore grigio giallognolo. A ingrandimento più forte si rivela sempre composto delle squamette già descritte e di una specie di pasta fondamentale in parte anisotropa e perciò riferibile con grande probabilità al quarzo, in parte senza influenza riconoscibile sulla luce polarizzata e forse d'ascriversi alla silice idrata. Dei frammenti di altre rocce hanno un'importanza più grande quei di porfidi quarziferi: peraltro in certe località, p. es. a Brustolino si trovano spesso anche frammenti di scisti neri, apparentemente carboniosi, i quali sono molto estesi nella formazione delle quarzo-filliti dell'alta Val Camonica (1).

Ritorniamo ora sull'argomento dei *fenomeni cataclastici* già brevemente accennati per risolvere la questione, se queste pressioni ebbero luogo nelle arenarie già solidificate, ovvero se i minerali che le presentano, le avevano subite nelle rocce primarie o durante il trasporto. Le pieghe e sfrangiature delle miche probabilmente furono causate salvo poche eccezioni durante quest'ultimo, ma la più grande parte degli altri fenomeni di pressione fu prodotta dopo la solidificazione delle arenarie. I contorni continui di granuli, attraversati internamente da zone di frantumazione, la disposizione ancora corrispondente di altri granuli, rotti in frammenti separati, ne sono la prova sicura. Solo non è possibile precisare dove e quando si compiono gli effetti cataclastici meno intensi, che si manifestano ad esempio per l'estinzione ondulata, la laminazione fibrillare del quarzo etc., non essendo escluso che abbiano potuto conservarsi con questi caratteri prodotti dalla pressione anche durante un trasporto lungo.

La struttura delle arenarie non presenta grandi differenze. Varia un po' la quantità del cemento, variano molto le dimensioni dei frammenti, ma in complesso tutte appartengono allo stesso tipo e perciò basta che mi riferisca a quello che fu detto su pagina 100 riguardo alla variabilità dell'abito macroscopico.

Prima di entrare ora nella descrizione delle rocce metamor-

(1) Vedi questo giornale 1891, p. 102.

fiche voglio enumerare ancora brevemente tutte le varietà, anche microscopicamente esaminate notando i caratteri più importanti e le principali differenze che esse presentano. Comincio colle località più distanti dalla tonalite.

1. *Sotto Daone verso Formino.* a). Roccia leggermente scistosa, simile al Servino (strati di Werfen) di colore rosso intenso tendente al violaceo; grana finissima; si osservano molte fogliette di muscovite, e molta ematite avvertibile però solo al microscopio. b). Roccia grigia con leggiera tinta violacea, non scistosa, compatta; grana un po' meno fina, Macroscopicamente manca la muscovite; al microscopio si osserva calcite secondaria; pochi ossidi di ferro.

2. *Dastione.* a). Roccia grigia, leggermente violacea, a grana fina; fogliette di muscovite. Al microscopio notansi molti ossidi di ferro ed inclusioni liquide a libelle mobili nel quarzo. b). Come a, ma a grana più fina, già un poco scistosa. Al microscopio si osserva un'alternanza di straterelli scistososi a grana finissima e di altri più arenacei. c). Roccia grigio-verdastra violacea, a grana finissima. Al microscopio calcite autigena con struttura zonale (vedi p. 106). d). Roccia grigio-violacea. La grana un po' meno fina, ma sempre ancora finissima.

3. *Brustolino.* a). Arenaria grigio-chiara a grana fina, ma già molto più grossa delle varietà di Dastione e Daone. Grandi fogliette di muscovite; macchiette di limonite. Al microscopio anche rutilo. b). Arenaria a grana grossa, grigia con leggiera tinta violacea. Fenditure riempite di quarzo. Al microscopio pare che manchi il zircone; la muscovite è rara; frammenti di porfido. c). Arenaria bruno-grigiastra a grana fina. Molta muscovite. Al microscopio concrescimento parallelo di biotite e muscovite; (vedi p. 104) rutilo. d). Come c; meno muscovite; con un accenno a struttura scistosa. Al microscopio poco zircone in cristalli qualche volta ben definiti. Il cemento è in quantità relativamente grande. e). Roccia zonata per alternanza di strati grigio-violacei e bruno-rossi; a grana piuttosto grossa. Macroscopicamente manca la tormalina che altrimenti fu sempre osservata.

4) *Prati maggiori* a). grigio-violacea a grana finissima con molte piccole squamette di muscovite ed un accenno a struttura scistosa. Le fenditure sono riempite di calcite in fini strati paralleli (vedi p. 106). b). Come a, ma meno muscovite. c). Roccia grigia a poca muscovite. Grana finissima.

5.) Allo sbocco della Val Buona. Arenaria grigia a grana grossa. Composizione normale.

Per vedere, quale costanza avessero i caratteri descritti delle arenarie permiane della Val Daone per altre arenarie di identico livello, esaminai anche quattro campioni che il Signor Dott. Carlo Riva raccolse nell'estate del 93 nella *Val Caffaro* e che mise gentilmente a mia disposizione insieme colle sue sezioni microscopiche.

Presentano alcune differenze, dimodochè devo darne una descrizione. I minerali componenti sono identici, solo che qui si aggiunge anche l'apatite in qualche raro granulo allotigeno, e che la clorite si trova in plaghe e foglie più grandi e perciò sicuramente determinabili. Un campione dei *fienili Pavrada* è un'arenaria grigio-bruna a grana fina con un accenno a struttura scistosa. Microscopicamente essa contiene più muscovite delle arenarie della Val Daone. Oltre alla muscovite sono presenti anche poche fogliette di clorite riconoscibili per la debole birifrazione ed una leggiera colorazione in verde. I granuli di quarzo sono piccoli. Il cemento si trova solo in quantità minima. Perciò manca qui quella caratteristica struttura pseudoporfirica delle tipiche arenarie, prodotta dall'essere visibile ad occhio nudo i granuli interclusi nel cemento, mentre gli elementi di quest'ultimo si rivelano a stento perfino con ingrandimenti forti. Magnetite, leucoxeno, tormalina, zircone ed apatite sono sparsi in granuli elastici per tutta la massa della roccia, ma qualche volta si osservano piccoli straterelli composti quasi esclusivamente di essi ed attestanti in tal modo il fenomeno di cui fu già detto a pag. 104.

Un secondo campione proviene dalla *Malga Serra Caprile* nella Val Caffaro. Microscopicamente assomiglia a quello dei Fienili Pavrada, solo che gli manca affatto ogni traccia di struttura scistosa. Microscopicamente si osservano gli stessi minerali, ai quali però si aggiunge anche la calcite che riempie fessure e cavità ed è sicuramente sempre un prodotto d'alterazione. Granuli un po' più grandi di minerali allotigeni sono rari. La più grande parte della roccia è composta da un cemento fino. Il terzo campione fu raccolto vicino ai *Fienili Fusi sulla sinistra del Torrente Vaja*. È un arenaria grigio-bruna a grana non più così fina come quella dei due altri campioni descritti. Microscopicamente abbondano i frammenti elastici di quarzo, ortose e plagioclasio e le foglie contorte di muscovite e clorite. Essi insieme con granuli di magnetite, leucoxeno, tormalina, zircone, e piccoli frammenti di rocce porfiriche con fine liste di

plagioclasio in una pasta apparentemente amorfa, si trovano in un cemento scarso. Apatite non fu osservata. Un quarto campione proveniente dal *Monte Misa* e raccolto in *Valle, frazione di Bagolino*, è di color grigio-verdastro e di grana fina. Microscopicamente coincide per tutti i caratteri essenziali con quello dei Fienili Fusi, solo che qui l'alterazione ha prodotto anche calcite e che l'abito un po' differente del leucoxeno lascia supporre che consista di vera titanite.

Da queste descrizioni risulta che le arenarie permiane della Val Caffaro non si distinguono essenzialmente da quelle della Val Daone che per una quantità notevole di clorite ed un piccolo contenuto in apatite. Si potrebbe rimarcare la mancanza di frammenti di scisti cristallini nei quattro campioni esaminati, ma finora non è abbastanza accertato che non si tratta qui soltanto di un carattere accidentale dei campioni in questione.

Finalmente volli confrontare anche alcuni campioni delle arenarie permiane della *Val Camonica* da me stesso raccolte. Poco sotto *Capo di Ponte* affiorano sullo stradone arenarie e scisti appartenenti al nostro sistema. Le arenarie sono per lo più di un colore grigio o grigio bruno: gli scisti hanno simile colore, ma presentano qualche volta tinte leggermente violacee. Una di queste arenarie a grana fina fu sottoposta all'esame microscopico. Non differisce in modo essenziale dai tipi già descritti. Consiste di quarzo, ortose, plagioclasio, muscovite, clorite, magnetite, leucoxeno, tormalina, zirconio e calcite. Le forme di questi minerali non si distinguono da quelle da essi presentate nelle arenarie della Val Caffaro e della Val Daone. Si aggiunge qualche raro granulo di rutilo, e quale inclusione nel quarzo, anche l'ematite in fogliette rotonde o esagonali di un color rosso giallastro. Il cemento è in media quantità.

Un campione di una roccia un po' scistosa, ad occhio nudo perfettamente omogenea, al microscopio risultò composto di un cemento fino, molto abbondante con pochi e piccoli frammenti interclusi. La composizione mineralogica di questa roccia non si distingue affatto da quella delle arenarie della Val Daone; ma c'è un fenomeno peculiare assai importante per le nostre conclusioni finali. La *tormalina* di questo argilloscisto non si trova che di rado in frammenti allotigeni, invece se ne vedono numerosi piccoli prismetti ben cristallizzati, sparsi qua e là nel cemento. I contorni sempre nettissimi di questi cristalli basterebbero già a dimostrarne l'origine autigena. Ma c'è ancora un

secondo fatto che li distingue chiaramente dalla tomalina allotigena delle arenarie descritte. Le tomaline autigene dello scisto di Capo di Ponte contengono sempre numerose inclusioni di piccoli granuli di quarzo e di un minerale nero, sparso anche in gran quantità nella roccia stessa e riferibile probabilmente alla magnetite. Ora le tomaline elastiche incontrate nelle rocce esaminate sono quasi sempre intieramente prive di inclusioni. Il colore è un verde che va dal verde oliva oscuro al verde giallognolo chiarissimo, Raramente si osserva una tinta leggermente azzurrognola. Vedremo più tardi, in che modo si può spiegare la presenza di questa tomalina autigena.

Poco sopra Rino alle falde del « *Castello dei Camosci* » trovai scisti che macroscopicamente e microscopicamente non si distinguono affatto dalle rocce permiane scistose dei dintorni di Capo di Ponte. L'età di questi scisti finora non fu determinata; però è rimarchevole che nei dintorni della strada mulattiera fra Rino e Garda affiorano conglomerati analoghi a quei della Val Daone, dimodochè è fuori di dubbio che anche in questa regione è conservato un lembo del terreno permiano (1). Una descrizione accurata degli scisti di Rino mi pare inutile, siccome presentano caratteri identici degli scisti di Capo di Ponte. Anche in essi si trovano non di rado prismetti di tomalina autigena: abbonda il cemento che prevale assai più degli scarsi frammenti interclusi. Le sostanze nere contenute sono forse soltanto in parte riferibili alla magnetite in parte anche al carbone.

Riassumendo ora i risultati di queste ricerche sulla costituzione petrografica degli strati permiani del gruppo dell'Adamello li troviamo formati da tre tipi differenti di roccia cioè, conglomerati, arenarie ed argilloscisti. Tutti sono composti da detrito di rocce preesistenti e cioè dei porfidi quarziferi permiani e degli scisti cristallini prepermiani. Secondo le dimensioni dei frammenti o può riconoscersi ancora la natura petrografica della roccia primaria, ovvero non trattasi che di frammenti di minerali. Oltre ad elementi elastici partecipano negli scisti di Capo di Ponte e di Rino anche elementi indubbiamente autigeni alla composizione delle rocce.

Come risulta dalle descrizioni date si trova fra le rocce descritte anche quel tipo di arenaria, denominato generalmente « *grauwacke* » o « *grauvacca* » (2). Ad esso si riferirebbero le

(1) O carbonifero; nel senso indicato su p. 101.

(2) D' Achiardi *Litologia*. p. 248.

varietà ricche di frammenti di rocce preesistenti, oscure di colore e povere di cemento. Questo tipo è però raro, e siccome un vero limite teoretico o pratico fra « grauwacke » e « arenaria » non esiste, così ho rinunciato in questo lavoro a descriverlo separatamente.

B. Strati metamorfizzati.

Dopo lo sbocco della Val Buona seguono ancora per un tratto arenarie, in cui ad occhio nudo non si riconoscono effetti del metamorfismo di contatto, mentre il microscopio ne rivela le prime tracce. Questa zona comincia ad una *distanza di quasi 2000 m. dalla tonalite* e si estende fino al primo affioramento di scisti metamorfici sulla strada, cioè fino ad incirca 880 m. dalla tonalite. Nella tabella delle inclinazioni degli strati in pag. 99 di questo lavoro essa corrisponde ai 5 primi affioramenti misurati, comprende però anche strati quasi orizzontali, non ancora indicati nella tabella.

In un campione di un'arenaria grigia a grana grossa raccolta poco sopra lo sbocco della Val Buona, osservai i soliti minerali componenti le nostre arenarie, ma tre di essi con abito e forma differente. La *magnetite* che in tutte le numerose sezioni di arenarie non metamorfiche della Val Daone si presentava sempre in granuli irregolari, allotigeni, qui è cristallizzata in *ottaedri nettissimi*, sparsi sempre nel cemento o al più al limite fra cemento ed i granuli clastici del quarzo. Spesso la distribuzione degli ottaedri non è irregolare, ma in certi punti delle sezioni se ne osservano in gran numero, mentre altri punti ne sono affatto privi.

La quantità della *tormalina* è molto aumentata. Granuli aventi l'aspetto di frammenti, sono rarissimi, mentre sono frequenti prismi ben conformati e riuniti qualche volta *in gruppi paralleli o rosette raggiate*. Si osservano anche granuli irregolari, dai quali sporgono da un lato cristalli paralleli, ben definiti con forme prismatiche e romboedriche. Altri granuli, anch'essi irregolari lasciano riconoscere già un certo andamento cristallino dei contorni, che non dà l'idea di uno stadio di distruzione di un cristallo preesistente, ma di cristallizzazione di un granulo prima informe.

Nelle arenarie normali della Val Daone avevamo constatato qualche volta la presenza di un minerale bruno allotigeno, alte-

rato, riferibile probabilmente alla biotite. Qui troviamo per la prima volta una *biotite* fresca, di sicura determinazione, e certamente *autigena*, di nuova formazione. Presenta un pleocroismo forte fra un *giallo verdognolo* ed un *bruno verde* e tutti gli altri caratteri ben noti, dimodochè è inutile darne una descrizione accurata. La sua quantità è ancora minima; si trova in piccole squamette e fogliette quasi sempre ammassate in certi punti del cemento e qualche volta sono distribuite lungo gli orli dei granuli elastici del *quarzo*. Questo come il *feldispato* non offre nessuna differenza nè di forma, nè di altri caratteri. Nemmeno per la *muscovite*, il *zircone* ed il *rutilo*, presenti nel mio campione, ho potuto osservare fatti che farebbero supporre cambiamenti avvenuti. È rimarchevole che anche in questo campione sono ben visibili microscopicamente i soliti fenomeni cataclastici.

Nella stessa regione dove fu raccolto il campione descritto affiora il già accennato conglomerato a ciottoli di porfido (1).

Poco a monte di questa località c'è una frana, nel materiale detritico della quale trovai pezzi di arenaria bruno-grigia a grana fina. Anche in questa si constata al microscopio che i *feldispati* ed il *quarzo* non hanno subito alcun cambiamento; hanno forme clastiche e presentano bene evidenti tutti i fenomeni di pressione osservati anche nelle arenarie normali. Il *cemento* però che forma gran parte di questa roccia contiene una quantità notevole di *biotite* e numerosi prismi ben conformati di *tormalina*. Quest'ultima racchiude spesso piccole inclusioni di *quarzo*. La *biotite* forma squamette, di rado fogliette più grandi di color verde giallognolo o verde bruno sparse nel cemento o ammassate in certi punti della roccia, qualche volta lungo gli orli o le fessure interne dei *quarzi*. *Magnetite* manca intieramente. La *muscovite* si presenta in scarse fogliette ben cristallizzate, spesso non contorte e così fresche e ben conservate che mi pare probabile che anch'esse siano di nuova formazione. Oltre ai minerali già enumerati si trovano anche *zircone*, pochissimo *leucoxeno* e *limonite* bruna in vene. Il cemento è finissimo: e parmi che sia intieramente cristallino.

Un altro campione raccolto nella stessa località è di colore grigio chiaro, di grana media, ricco di *quarzo*. È meno meta-

(1) Un campione di questo porfido verrà descritto presto in un lavoro della Signorina Dott. Rina Monti.

morfizzato dei due già descritti contenendo pochissima *biotite* e *tormalina autigena*. Se mancassero questi due minerali o se avessero l'abito che hanno nelle rocce normali non si direbbe che la nostra arenaria ha subito il metamorfismo di contatto. Tutti gli altri minerali hanno le loro forme elastiche normali. Notevole è la presenza di granuli irregolari di *pirite* (1) e di rari granuli e prismetti di *apatite* che non furono osservate nelle rocce normali della Val Daone. Non credo però che siano prodotti del metamorfismo, trovandosi l'apatite anche nei campioni sopra descritti della Val Caffaro e mancando la pirite nella più gran parte delle rocce più vicine alla tonalite. Si osservano i soliti fenomeni di pressione.

I tre campioni seguenti raccolti fra la località *Pracùl* ed il primo affioramento di scisti metamorfici nell'ordine, in cui faccio seguire le descrizioni. Corrispondono ai numeri 1-5 della tabella in p. 99 di questo lavoro e sono presi dunque già da strati inclinati. Il primo è tolto da un'arenaria a elementi molto grossi; ha colore grigio e consiste dei componenti già noti con eccezione della pirite ed apatite. La *biotite* abbonda ed è qui evidentemente distribuita con preferenza lungo gli orli e le fessure dei quarzi. Si trova però anche nelle fessure del feldspato. Nel primo caso è disposta quasi sempre in modo tale che le fogliette si dispongono colla base parallelamente alla superficie dei granuli. Perciò le sezioni dei quarzi sono circondati spessissimo da una *corona di biotite*, simile alle corone di augite che si trovano intorno a quarzi parzialmente assorbiti di certe rocce vulcaniche. (porfiriti p. es.) Solo nelle nostre corone di biotite le squame di questo minerale non sono disposte radialmente, ma tangenzialmente. Una spiegazione di questo strano fenomeno darò più tardi riassumendo tutti i fenomeni del metamorfismo osservati nelle nostre rocce. La tormalina dimostra chiaramente per la sua forma d'essere autigena; soltanto è in piccola quantità. La magnetite qui non è bene cristallizzata. Quarzo, ortose, plagioclasio, muscovite, zircone, leucoxeno non lasciano riconoscere fenomeni metamorfici. Effetti di pressione sono frequenti e si manifestano nel modo solito.

Il secondo campione si distingue ad occhio nudo e al micro-

(1) La quantità troppo piccola di questo minerale impedì di escludere per mezzo di una prova chimica che si tratti di pirrotina, ma il colore speciale giallo pirite dei granelli già macroscopicamente visibili avvalorò la mia determinazione.

scopio solo per la minore quantità di biotite e tormalina; quest'ultima però presenta anche qui i fenomeni di una continuata, ma non finita cristallizzazione, che dimostrano ad evidenza la sua natura autigena. Il terzo campione è di colore grigio un po' più oscuro e a grana molto più fina. Il cemento abbonda. I componenti mineralogici sono i soliti. La biotite e la tormalina si trovano in gran quantità; questa contiene spesso numerosi inclusioni di quarzo; manca la magnetite. È probabile che anche una parte della muscovite sia di nuova formazione, perchè si trovano concrescimenti regolari di muscovite e biotite colla base. Fenomeni cataclastici sono frequenti e si manifestano anche *per rotture di prismi di tormalina*, provando in questo caso d'essere posteriori all'azione metamorfica. È rimarchevole che nei tre campioni esaminati, il cemento ha raggiunto un grado di cristallizzazione, maggiore di quello che aveva nelle regioni più lontane del contatto. Si riconoscono facilmente innumerevoli squamette di muscovite di dimensioni maggiori di quelle osservate nel cemento delle arenarie normali; formano un intreccio finissimo con granellini incolori anisotropi, riferibili al quarzo.

Anche un'altro fenomeno nuovo presentasi nelle sezioni di questi campioni. Prendendo il cemento uno sviluppo cristallino sempre maggiore e aumentando le quantità di biotite e tormalina autigena, si osserva spesso che i minerali di nuova formazione sporgono nei minerali allotigeni e specialmente nel quarzo e producono così un contorno meno regolare, già un poco frastagliato. Però in questo stadio del metamorfismo si riconoscono sempre ancora le linee originarie del contorno elastico e non si può dubitare della natura allotigena di questi granuli.

Se riassumiamo ora brevemente le osservazioni fatte entro questa zona metamorfica più lontana dalla roccia eruttiva, abbiamo: 1. *Macroscopicamente non sono visibili tracce del metamorfismo.* 2. *Al microscopio si constata che i granuli elastici del quarzo, dell'ortose e del plagioclasio non hanno subito cambiamenti essenziali. Anche le foglie grandi di muscovite sono in parte indubbiamente allotigene; in parte paiono però autigene; il cemento delle rocce più vicine al contatto è composto di quarzo e muscovite di nuova formazione. Inoltre è certa la cristallizzazione nuova di tormalina, di una biotite verde-bruna, e di magnetite.* Per i rimanenti componenti mancano osservazioni adattate a stabilirne l'origine. Per l'apatite è

probabile che si tratti di granuli allotigeni; la pirite, osservata solo in un campione è probabilmente autigena, ma non un prodotto del metamorfismo di contatto. *Fenomeni cataclastici si osservano raramente nei minerali di contatto.* 3. *Le prime tracce microscopiche del metamorfismo di contatto si estendono fino negli strati non dislocati quasi orizzontali poco sopra lo sbocco della Val Buona.*

Continuando la strada verso la tonalite si raggiungono affioramenti di argilloscisti metamorfozzati con rare interstratificazioni di arenarie anch'esse metamorfiche. Corrispondono alla regione del numero 6 della tabella su p. 99 e appartengono quindi a strati molto inclinati.

Il primo campione che raccolsi sulla strada, osservato ad occhio nudo, pare un argilloscisto quasi omogeneo di color grigio-brunastro. Colla lente però si riconosce che la superficie degli straterelli è coperta di innumerevoli fogliette lucenti di mica. Dopo breve tratto si incontra un'altra roccia che assomiglia molto alla prima, ma già senza lente rivela la sua natura cristallina. Ne ho preso un campione che ha una certa somiglianza con un micascisto a grana finissima. Microscopicamente le due rocce sono quasi identiche: consistono di biotite verdebruna, muscovite, quarzo, tormalina, magnetite e zircone. Nell'una si trovano anche numerosi prismetti di rutilo. Non è escluso che una parte dei granuli incolori anisotropi si riferisca all'ortose; la mancanza completa di sfaldatura e di fenomeni di alterazione inducono piuttosto a credere trattarsi di quarzo. Un feldispato striato manca intieramente. La struttura delle due rocce è cristallina; quasi tutti i componenti hanno dimensioni press'a poco eguali. Sono ben cristallizzati il rutilo, la tormalina, terminata qualche volta a una ed anche ad ambedue le estremità da facce di romboedri ottusi, una parte del zircone e nell'una roccia anche la scarsa magnetite; mentre nell'altra questa si trova in più grande quantità, ma in granuli piuttosto irregolari. Il quarzo, la biotite e la muscovite formano un intreccio assai complicato. Contorni semplici, puramente elastici non si trovano mai; solo di rado un granulo un po' più grosso di quarzo ricorda l'origine elastica della roccia. La tormalina presenta quasi sempre una struttura speciale; è piena di inclusioni trasparenti incolore di quarzo e di una sostanza nera, probabilmente magnetite. È fuori di dubbio che in queste due rocce tutti i minerali sono di nuova formazione e che solo alcuni rari granuli

più grossi di quarzo sono residui di granuli elastici. Tuttavia hanno conservato così bene la loro struttura scistosa, la quale come fu dimostrato nella parte geologica è certamente primaria, che se ne fanno lastre estese per coprire i tetti. Dai dati esposti risulta che i nostri scisti stante la loro struttura e composizione mineralogica devono essere chiamati « *micascisti di contatto a grana finissima* ».

Insieme con essi ed in parte interstratificate, in parte sovrapposte trovai quattro rocce differenti che non posso far a meno di descrivere separatamente. La prima fu raccolta immediatamente dopo il primo affioramento di scisti; è irregolarmente scistosa, di un color rosso-bruno in alcuni punti con una leggera tinta violacea: macroscopicamente si riconosce la presenza di biotite, feldispato e vene di quarzo. Al microscopio risulta quale componente principale una *biotite* di un colore che va dal *giallo-chiaro* al *bruno-giallo-rossastro*. Si aggiunge molto ortose un po' alterato e pochissimo feldispato striato. Il quarzo è scarso ed abbonda soltanto in plaghe e vene isolate, dove si trova insieme con pirite e biotite. Se non fosse presente quest'ultima, si potrebbe crederlo benissimo formato dopo l'azione metamorfica, mentre probabilmente cristallizzò insieme colla biotite nelle cavità e fenditure della roccia, in grazia dei processi metamorfici.

La pirite è circondata sovente da orlature brune opache di limonite: non ha forme cristalline. Infine devo notare la presenza di ammassi di granuli di leucoxeno con abito di vera titanite: qualche volta contengono ancora un resto centrale di una sostanza nera riferibile all'ilmenite. In un'altra sezione della stessa roccia osservai anche un'ornelenda dell'abito dell'attinoto, di un pleocroismo che va dal verdastro chiaro al verde chiaro azzurrognolo. La struttura della nostra roccia è intieramente cristallina; nessun elemento lascia riconoscere forme clastiche; e se essa si trovasse interstratificata fra scisti cristallini, sarebbe sicuramente classificata quale « *Gneiss biotitico, povero di quarzo, a grana finissima* ». Essendo invece manifesto per le relazioni geologiche, in cui si trova, che è una roccia clastica metamorfizzata, le conviene la denominazione « *Gneiss di contatto* ». Quale sia stata la roccia primaria è impossibile stabilire; sicuramente deve essere una roccia scistosa interstratificata fra le arenarie ed argilloscisti permiani, ricca di magnesia e di potassa. È rimarchevole che la *biotite* del nostro

gneiss ha un colore bruno-rossastro mentre la biotite di nuova formazione in quasi tutte le altre rocce permiane della Val Daone è sempre colorata in verde o verde-bruno o bruno-verde.

Immediatamente dopo il secondo affioramento degli scisti già descritti seguono banchi di un'arenaria grigio-chiara a grandi fogliette di muscovite disposte tutte parallelamente senza produrre però una struttura scistosa. Poco dopo si trova un'altra varietà già un po' scistosa bruno-grigia con poca muscovite e scarse macchiettime consistenti quasi intieramente di biotite. Continuando la strada si raggiunge una piccola cappella, fabbricata sulla strada e distante dalla tonalite incirca 750 m. in linea retta; qui affiora una roccia speciale quasi omogenea di color grigio-bruno oscuro che contiene noduli, di un colore verde oscuro, grossi fino a 2 cm. e più. Quest'ultima roccia benchè non abbia una struttura scistosa assomiglia un poco agli scisti esaminati e perciò sarà descritta prima delle due varietà d'arenaria. Il componente principale è una biotite verde oliva, le cui innumerevoli squamette al microscopio appaiono disposte assai parallelamente, dimodochè riesce strana la mancanza di una scistosità evidente ad occhio nudo. Si aggiungono piccoli granuli di quarzo e di ortose con contorni assai dentellati e frastagliati senza alcun accenno alla loro origine elastica: il quarzo predomina e si trova anche in piccole venuzze irregolari. Prismetti di tormalina a numerose piccolissime inclusioni di quarzo e magnetite sono sparsi dappertutto. Granuli di magnetite, zircone e leucoxeno sono relativamente rari. La struttura della nostra roccia è intieramente cristallina. Se si fosse trovata in un terreno di scisti cristallini, ognuno la descriverebbe quale « micascisto biotitico a grana finissima: » vista però la sua origine metamorfica bisogna denominarla « *micascisto biotitico di contatto a grana finissima* ». I noduli già accennati al microscopio si rivelano composti essenzialmente da un *anfibolo* verde chiaro in aghi e prismi allungati simile all'*attinoto*, e da *epidoto* pleocroico di un colore che in sezioni spesse va dal giallo canarino intenso ad un giallo chiarissimo quasi incolore, con una tinta verdastra molto debole. Ambedue contengono numerose inclusioni di quarzo e sono assai freschi. Gli interstizi che rimangono fra essi sono riempiti intieramente da quarzo in piccoli granuli a contorni relativamente rettilinei formanti una specie di *pavimento poligonale*, come è stato

descritto negli ultimi anni più volte (1) per le aree di contatto delle Alpi, della Sassonia e di altre regioni. Cristalli ben conformati di epidoto sono racchiusi intieramente entro il quarzo e dimostrano così ad evidenza che non sono prodotti d'alterazione dell'anfibolo. La superficie esterna dei noduli è coperta quasi sempre da uno strato di biotite verde disposta tangenzialmente alla superficie; e perciò si riesce qualche volta a distaccare i noduli intieramente dalla roccia. È fuori di dubbio che la struttura descritta del quarzo è una vera *struttura di contatto* (2) e che tanto il quarzo quanto l'anfibolo e l'epidoto sono prodotti del metamorfismo di contatto. L'origine della struttura nodulosa si potrebbe spiegare in due maniere differenti, o ammettendo cioè che già nella roccia primaria abbiano esistito noduli formati a guisa di concrezione o che i noduli si siano formati per il metamorfismo di contatto. La prima spiegazione è però molto più probabile essendo la presenza di concrezioni nodulose un fenomeno assai comune per le arenarie e grauvacche. Credo perciò che nel nostro caso si tratti di concrezioni primarie, consistenti probabilmente o di carbonati o di silicati di magnesia e calce, metamorfizzati insieme colla roccia circostante, originariamente essa pure ricca di magnesia.

Mi restano ancora da descrivere le due arenarie già accennate, interstratificate nel sistema degli scisti. La prima, ricca di muscovite già macroscopicamente visibile, ad occhio nudo non lascia riconoscere effetti del metamorfismo. Anche al microscopio dimostra ancora ben evidente la sua origine elastica e non si distingue essenzialmente dalle arenarie della zona più esterna già descritta. La biotite è in media quantità; la tormalina si trova in cristalli verdi che qualche volta racchiudono un nucleo irregolare di un verde un po' differente. Il zircone si presenta sempre in granuli elastici: magnetite manca. Il cemento è intieramente cristallino; i suoi elementi, quarzo, muscovite e biotite, cristallizzando hanno evidentemente corroso i granuli allotigeni del quarzo, ortose e plagioclasio, assorbendo le parti periferiche della loro sostanza e producendo così un contorno dentellato e frastagliato. Però anche qui, come nelle arenarie prima descritte, si ricostruisce sempre e facilmente

(1) Vedi questo giornale. 1892. p. 15 e 19.

(2) Nel senso in cui proposi questa denominazione nel mio lavoro sul Monte Avio. Vedi questo giornale 1891. p. 60.

l'andamento primario del contorno, e non si può dubitare della origine clastica dei granuli. Importa di constatare che nelle arenarie metamorfiche della Val Daone le dimensioni dei granuli clastici di quarzo diminuiscono, non aumentano come in certe aree di contatto esaminate da altri autori, che saranno citati più tardi. Le foglie grandi di muscovite, visibili già ad occhio nudo, sono molto contorte e spesso sfibrate, mentre i granuli di quarzo e feldispato presentano pochissimi effetti di pressione. Perciò è probabile che esse siano allotigene.

L'ultima delle quattro rocce, di cui fu data una breve descrizione macroscopica su p. 117 consiste degli stessi minerali a cui si aggiungono però ancora magnetite, rutilo ed apatite. La quantità della biotite e della tormalina sono maggiori; la biotite è verde-brunastra; essa forma le piccole macchietine visibili già ad occhio nudo; la tormalina è sempre riempita di una finissima polvere nera o di granuli neri riferibili probabilmente alla magnetite, sparsa dappertutto nella roccia. Gli elementi del cemento sono di nuova formazione. L'origine clastica si riconosce solo nei granuli porfirici di quarzo e ortose che del resto anche qui presentano quell'andamento speciale dei contorni descritti nell'arenaria precedente. La quantità del feldispato è molto minore di quella del quarzo; plagioclasio manca quasi intieramente. Nel quarzo osservai qualche volta aghetti oltremodo fini di un minerale di non sicura determinazione mineralogica. L'ortose contiene in questa roccia ed in molte altre arenarie metamorfiche e non metamorfiche della Val Daone piccole inclusioni arrotondate o angolose che per riflessione totale della luce appaiono nere, e senza dubbio sono cavità riempite di gas. La Signorina Dott. Rina Monti ebbe la gentilezza di comunicarmi che risulta dai suoi studi non ancora pubblicati sui porfidi quarziferi permiani della Val Camonica, come anche in questi l'ortose contiene quasi sempre pori di gas di identica conformazione ed apparenza.

Dalla descrizione data dei sei tipi differenti di roccia, trovati nella zona ora trattata risulta che mentre microscopicamente tutte presentano un metamorfismo già piuttosto avanzato, ad occhio nudo solo le cinque varietà scistose lasciano riconoscere effetti del metamorfismo. L'arenaria interstratificata invece ha un'apparenza macroscopica che non si distingue essenzialmente da quella delle arenarie normali. Se dunque tutto il sistema permiano della Val Daone fosse composto solo di arenarie, noi

non potremmo distinguere la zona descritta dalla zona più esterna. *Gli scisti subiscono il metamorfismo di contatto a distanze maggiori delle arenarie, e a parità di distanza appaiono assai più alterati.*

Dopo la piccola cappella suaccennata segue una terza zona di rocce che nel loro stato primario erano in parte arenarie, in parte conglomerati. Solo fra gli ultimi banchi trovai una roccia scistosa, ora intieramente cristallina, che prima dell'azione metamorfica era sicuramente un argilloscisto. Questa corrisponde ai numeri 7 e 8 della tabella su p. 99. Essa comprende le rocce raccolte fra due punti distanti 750-800 m., rispettivamente 150-200 m. dalla roccia eruttiva. Delle *arenarie* metamorfiche di questa zona ho raccolto quattro campioni. Il primo, preso nella distanza maggiore ha ancora un colore grigio-oscuro; gli altri tre sono di un grigio chiaro. Colori oscuri che erano frequenti nelle arenarie normali, qui non si trovano più. Tutte le rocce sono molto compatte e dure, assomigliano, come Suess osservò giustamente, a quarziti e presentano dunque già all'occhio nudo indizi del metamorfismo. I minerali che le compongono, sono *quarzo*, poco *ortose*, pochissimo *plagioclasio*, *muscovite*, *biotite*, *tormalina*, *apatite*, *zircone*, *magnetite*. È rimarchevole una certa variabilità del colore della biotite, della quale fù notato che il suo pleocroismo nelle rocce finora descritte va da un verdastro chiaro, qualche volta un po' giallastro, fino al verde oscuro, o bruno verdastro. Solo nel gneiss di contatto trovato nella zona scistosa della piccola cappella, la biotite ha un pleocroismo che va dal giallo rossastro al bruno giallognolo rossastro. Anche in uno dei quattro campioni di cui segue la descrizione, essa ha un colore brunastro giallo, mentre in tutte gli altri campioni di arenaria, conglomerato e scisto presenta delle tinte più o meno verdi. Un motivo apparente per questo cambiamento di colore non è manifesto e le fogliette sono troppe piccole per poter stabilire, se una differenza nella composizione chimica ne sia la causa.

Il campione grigio oscuro contiene pochissimo feldispato. I frammenti porfirici sono piccoli e relativamente scarsi; i loro contorni sono in conseguenza del riassorbimento periferico già descritto assai irregolari. Il cemento è intieramente cristallino e consiste di quarzo, muscovite e biotite. Oltre a questi minerali si trovano la solita tormalina autigena, magnetite, zircone in granuli irregolari e poca apatite. Piccole fessure della

roccia sono riempite di quarzo che contiene numerose inclusioni di biotite; il quarzo sparso nella roccia è sempre privo di biotite che indubbiamente è un prodotto del metamorfismo. Risulta da ciò che queste venuzze devono essersi formate per l'azione metamorfica. Il colore grigio-chiaro del secondo campione fa risaltare bene una gran quantità di piccole macchiette nere di meno di un millimetro di diametro che consistono di fogliette microscopiche di biotite. Al microscopio si constata l'assenza di magnetite. La struttura della roccia è identica a quella della varietà precedente: solo qui i granuli porfirici hanno dimensioni maggiori ed il cemento è più povero di biotite, più ricco di muscovite. La tormalina racchiude spesso inclusioni di quarzo così numerose come non ho mai potuto verificare nelle tormaline degli scisti cristallini, ma come fu constatato varie volte da diversi autori nelle tormaline di contatto. In una sezione sottile osservai un punto del cemento che era riempito intieramente da innumerevoli piccoli prismetti ben conformati di tormalina. Sono orientati senza regola e diretti perciò in tutti i sensi possibili. È difficile di spiegarsi il motivo di questo ammassarsi dei prismetti, ma è sicuro che fenomeni simili non furono mai osservati in arenarie normali. L'ortose contiene quasi sempre un certo numero delle inclusioni gassose già accennate. Il zircone si presenta tanto in granuli arrotondati quanto in cristalli ben conformati. Un piccolo frammento di questa roccia fu polverizzato e trattato con acido fluoridrico e solforico. Rimasero interi la tormalina ed il zircone, dando così una prova della loro inattaccabilità chimica. Il terzo campione consiste di una roccia molto omogenea ed è di colore grigio biancastro. Si osservano qua e là piccole macchie prodotte da ammassi di fogliette di biotite e muscovite. Al microscopio notansi molti piccoli granuli di quarzo e forse anche di ortose con contorni irregolarmente dentellati. Sono sparsi in un cemento che consiste di piccolissimi granuli di quarzo, di scarsa biotite e muscovite abbondante. Tormalina, magnetite, e zircone si trovano solo in piccola quantità; la magnetite ha contorni cristallini. La roccia è attraversata da venuzze di quarzo a contorni relativamente semplici, rettilinei. Il quarto campione è a grana media e possiede un color-grigio chiaro con una leggerissima tinta verdognola. Ad occhio nudo si riconosce ancora facilmente l'origine clastica della roccia; grandi e piccoli granuli allotigeni di quarzo e feldispato sono immersi in un cemento scarso; ma però la durezza e compat-

tezza e specialmente la coesione fra i granuli porfirici ed il cemento sono molto maggiori che nelle arenarie normali. Oltre a ciò sonvi anche numerose macchietine oscure di biotite quale indizio del metamorfismo di contatto. Microscopicamente si trovano i soliti componenti: così abbonda la magnetite e presenta quasi sempre ottaedri nettissimi; tormalina e zircone sono assai scarsi; invece la biotite è in gran quantità. L'ortose contiene moltissime inclusioni gassose; tanto i suoi granuli, quanto e più particolarmente quelli del quarzo, essendo di dimensioni maggiori, che nelle altre arenarie metamorfiche descritte, dimostrano contemporaneamente la loro origine clastica e gli effetti del metamorfismo. L'andamento rettilineo dei contorni essendo esteso per tratti più lunghi è rimasto più evidente, malgrado tutte le frastagliature secondarie prodotte dalla cristallizzazione del cemento.

Riassumendo i risultati di queste osservazioni troviamo che le arenarie di questa zona si distinguono per la maggiore intensità del metamorfismo dalle arenarie precedenti delle zone esterne. Esse dimostrano già ad occhio nudo un cambiamento della struttura. Peraltro i minerali componenti sono identici a quei delle rocce della zona esterna e la loro struttura microscopica non si distingue qualitativamente, ma solo quantitativamente, essendo nella zona interna il cambiamento avvenuto più completo e intenso che nella zona esterna. Se noi cercassimo un nome adattato per le nostre arenarie metamorfiche nella letteratura, ci troveremmo in imbarazzo, non esistendone alcuno. Infatti il nome di « quarzite » adottato da Suess non è giustificato che per poche varietà, a cui mancano i granuli porfirici; ma un esame attento ad occhio nudo rivela nella maggior parte delle varietà descritte sempre la loro vera composizione e natura clastica; e perciò devono essere chiamate *arenarie*. Ora volendosi basare sulla composizione mineralogica si potrebbero adottare i nomi « arenarie a biotite », rispettivamente « a tormalina » o « magnetite ». Ma pur troppo questi minerali si trovano anche in arenarie normali ed è solo l'esame delle loro strutture che ci ha fornito la prova della loro origine metamorfica negli strati esaminati. Perciò credo opportuno di denominarle « *arenarie di contatto* » (1) per indicare che si tratta di arenarie che hanno subito certi cambiamenti nella loro

(1) Vedi questo giornale 1891, p. 60 e 1892, p. 18.

struttura per via del metamorfismo di contatto, ma che dimostrano ancora evidente la loro origine clastica. Per le poche rocce diventate veramente *quarzitiche* conviene il nome « *quarziti di contatto* ».

Dalle osservazioni fatte da altri autori nelle aree di contatto contenenti arenarie, si dovrebbe aspettare anche nella Val Daone che nella zona più interna di contatto, quindi a 150 m. e minori distanze dalla tonalite si trovassero arenarie, metamorfizzate ancora più intensamente; ma sfortunatamente questa zona più interna non è accessibile. Alla superficie seguono strati metamorfici appartenenti già al trias, di composizione mineralogica e struttura intieramente differenti. Il contatto della tonalite colle arenarie permiane ha luogo a centinaia di metri sotto il fondo della valle.

I pezzi di *conglomerato* già accennati sono composti da frammenti di rocce brune, brune-violacee e grigie, bene cementate. Sono assai compatte e dure, e si distinguono già ad occhio nudo dai conglomerati normali affioranti a valle dello sbocco di Val Buona. Una parte dei frammenti interclusi è riferibile a rocce scistose, un'altra parte deriva forse anche da porfidi. Nel cemento si osservano tutti i fenomeni metamorfici studiati già nelle arenarie, la formazione di biotite di un colore verde-bruno, di magnetite in ottaedri nettissimi, di tormalina in prismi ben conformati, e la cristallizzazione del quarzo e della muscovite. I frammenti invece appaiono poco o niente metamorfizzati, benchè anche qui si verifichi una coesione più forte fra essi ed il cemento che non nelle rocce normali. Non essendosi trovati conglomerati in altri punti dell'area di contatto, sia più lontani, sia più vicini, è naturalmente impossibile distinguere per essi zone di intensità differente del metamorfismo.

Vengo a descrivere lo scisto interstratificato, come fu già detto, fra gli ultimi banchi delle arenarie di contatto. È un *micascisto di contatto* a grana molto fina, di colore grigio chiaro. Già ad occhio nudo si riconosce la sua struttura cristallina. Al microscopio si osservano quarzo, biotite, muscovite, tormalina, magnetite e zircone formanti un intreccio intieramente cristallino. La biotite è di colore verde-brunastro, con una leggerissima tinta giallognola nella posizione, in cui l'assorbimento è meno forte. La tormalina è insolitamente abbondante; dappertutto è sparsa in forma di prismetti ben definiti; sono traforati da innumerevoli inclusioni di quarzo e magnetite. Essi e le squame

allungate della biotite e muscovite presentano un parallelismo abbastanza evidente.

La magnetite si trova quasi esclusivamente in ottaedri ben conformati, anch'essa abbonda ed è come la tormalina un componente essenziale della roccia. Il quarzo forma di rado granuli un po' più grossi, ed i contorni di questi sono sempre irregolari. È fuori di dubbio che i numerosi piccoli granuli intrecciati colla muscovite e biotite sono di origine metamorfica.

Il zircone si presenta nei soliti granuli e cristalli senza caratteri speciali, adattati a rischiararne la natura (1). Peraltro è poco probabile che essi siano clastici essendo quasi tutto il resto della roccia di nuova formazione.

Confrontando questo micascisto di contatto, trovato in una distanza di incirca 200 m. dalla roccia plutonica, cogli altri micascisti metamorfici raccolti a più di 750 m. di distanza da questa non possiamo constatare differenze veramente qualitative; ed anche quelle quantitative, già descritte, sono di poca importanza. La scistosità è un po' meno evidente nella roccia vicina al contatto: le quantità della tormalina e della magnetite sono molto maggiori in essa; ma non consta abbastanza che questo aumento non sia soltanto accidentale.

Anche per gli argilloscisti permiani ci si dovrebbe aspettare che in una zona ancora più vicina al contatto della tonalite questa avesse prodotto rocce analoghe ai « Hornfels » della Germania; ma anche questi argilloscisti siamo nella impossibilità di seguire più vicino al contatto, siccome scompaiono insieme colle arenarie già alla distanza sopra indicata sotto il fondo della valle cedendo il posto al trias inferiore.

Le ultime rocce della zona descritta furono trovate in quelle rupi che chiudono verso SE l'allargamento della valle in cui si trovano le case « Ert. » Progredendo da esse verso la tonalite si incontrano a destra della strada ancora pochi affioramenti di roccia, le cui direzioni geologiche sono indicate nella tabella su p. 99 nei numeri 9-11. Al microscopio si riconosce che sono composti essenzialmente da orneblenda ed appartengono a tipi affatto differenti da quelli per lo avanti esaminati. Al termine settentrionale dell'allargamento dell'Ert affiora la tonalite. Io salii lungo le rupi formate da questa roccia, giungendo ai primi

(1) Anche in questa roccia riuscii facilmente a isolare la tormalina ed il zircone per mezzo di acido fluoridrico.

massi della dolomia farinosa (1), orizzonte triassico, superiore agli strati di Werfen. Tornando poi da questi affioramenti indietro, volgendo quindi ad orizzonti più antichi si incontrano presso una cascata strati finamente alternanti di rocce metamorfiche, (N. 12 della tabella in p. 99) composte in gran parte da orneblenda o da biotite. Anche rocce a cordierite (2) sono interstratificate, ma solo di rado si trovano rocce simili alle arenarie metamorfiche. Risulta dunque che il sistema di strati, sottoposti alla dolomia farinosa e sovrapposti alle rocce avanti descritte si distingue da questi per un contenuto molto maggiore in calce e magnesia, come difatti lo presentano le marne degli strati di Werfen (3). La formazione dell'allargamento dell'Ert è dovuta alla facile erodibilità di questi. I caratteri petrografici vanno d'accordo colle osservazioni geologiche. Naturalmente non posso e non voglio affermare che il cambiamento della composizione petrografica degli strati, constatato vicino all'Ert coincida perfettamente col limite fra trias e permiano; anzi ammetto che una tale coincidenza non è nemmeno probabile. Del resto in natura non esiste un limite fra due epoche; e se già per la stratigrafia è di ben poca importanza, se alcuni banchi di pochi metri di potenza, siano riferiti piuttosto all'arenaria di Gröden o agli strati di Werfen, meno ancora importa per il nostro caso speciale, giachè lo scopo principale di questo lavoro è lo studio dei fenomeni metamorfici che presentano le arenarie della Val Daone. Ed è sicuro che le rocce metamorfiche a orneblenda dell'Ert non furono mai arenarie.

Prima di riassumere e discutere i risultati ottenuti piacemi dare ancora una brevissima descrizione di altre rocce permiane metamorfiche trovate in altri punti del gruppo dell'Adamello.

Partendo dalla casa dei finanziari situata all'estremità occi-

(1) È l'orizzonte chiamato « Zellendolomit » dai tedeschi.

(2) In tutti gli orizzonti del trias, metamorfizzati dalla tonalite e non consistenti essenzialmente di carbonato di calce, si trova la cordierite quale minerale di nuova formazione. Io ne constatai la presenza in vari punti del gruppo del Monte Frerone, nella zona metamorfica del Lago di Campo — Lago d'Arno e al Corno delle Granate. La roccia descritta da Pelikan (Tschermak's Mittheilungen p. 156-166) si trova secondo Lepsius (Das westliche Südtirol. p. 73) negli strati 1891. ad Halobie. Pelikan discutendo la questione, se fosse o no una roccia di contatto ha dimenticato di citare Lepsius, che constatò effetti del metamorfismo di contatto nella stessa località a distanze ancora molto maggiori.

(3) Tratterò presto in altro mio lavoro il metamorfismo di contatto, prodotto in questi dalla tonalite del gruppo dell'Adamello.

dentale del *Lago d'Arno* e scegliendo il sentiero che conduce verso il *Passo del Lago di Campo* si attraversano prima molte rocce metamorfiche di un'apparenza speciale e d'età non ancora ben determinata, ma presto si entra in un sistema di rocce perfettamente identiche a quelle descritte della Val Daone. Gli strati sono quasi sempre verticali, qualche volta inclinati ripidamente a mezzogiorno; sono diretti verso il passo. Raccolsi in essi tre tipi differenti di roccia, cioè *arenarie*, *conglomerati* e *micascisti di contatto*. Questi ultimi sono quasi identici allo scisto descritto che affiora poco sotto l'Ert nella Val Daone. Sono di colore grigio-chiaro, di grana finissima ed hanno una scistosità molto evidente. Il contenuto in tormalina è un poco minore, quello in magnetite un po' maggiore di quello osservato nel micascisto dell'Ert. La biotite di nuova formazione è verde in tutte le rocce permiane del Lago d'Arno. Il suo pleocroismo va da un verdastro giallognolo ad un bruno-verde. I granuli del quarzo hanno dimensioni un po' più grandi che nello scisto dell'Ert, ed alcuni di essi superano la media degli altri in modo di produrre un leggiero accenno a struttura porfirica, riconoscibile però soltanto al microscopio a Nicol incrociati. La magnetite è cristallizzata, ma non presenta forme ben definite; la tormalina possiede la solita struttura di contatto, prodotta da inclusioni trasparenti ed opache. La muscovite, biotite e tormalina lasciano riconoscere una disposizione parallela. L'intreccio dei minerali non ricorda più l'origine elastica della roccia che ora è intieramente cristallina.

Delle *arenarie di contatto* esaminai due campioni anche microscopicamente. Sono di colore grigio-chiaro, a grana media e sono malgrado il metamorfismo subito facilmente identificabili per arenarie. Uno fu raccolto nel primo affioramento di arenarie che si incontra venendo dalla casa dei finanzieri, l'altro nell'ultimo affioramento prima di raggiungere le rocce macchiate del passo che appartengono al sistema metamorfico degli strati di Werfen. Ad occhio nudo non presentano effetti del metamorfismo. Microscopicamente in quello dell'affioramento occidentale osservai quali segni del metamorfismo la solita biotite verde-bruna, magnetite in parte cristallizzata in ottaedri ben conformati e plaghe riempite intieramente da piccoli prismetti verdi di tormalina senza orientazione regolare, come fu descritto per una delle arenarie di contatto della Val Daone in p. 122. Invece i granuli porfirici di quarzo e ortose hanno contorni ancora per-

fettamente clastici e nemmeno nel cemento si constatarono grandi differenze in confronto alle arenarie non metamorfiche. L'esame microscopico del campione, raccolto più ad Est, dà risultati poco differenti. L'ortose contiene spessissimo le già citate inclusioni gassose; la magnetite si trova quasi esclusivamente in ottaedri nettissimi sparsi nel cemento in un numero enorme, ma nella maggiore parte di piccolissime dimensioni. Il quarzo vi prevale assai l'ortose; oltre a questo si osserva un po' di plagioclasio. I contorni di questi minerali e la struttura del cemento sono pressochè identici a quei del campione precedente. Il quarzo contiene numerose inclusioni liquide ed è spesso circondato dalle corone di biotite precedentemente descritte. È evidente che queste arenarie di contatto corrispondono a quelle della zona esterna della Val Daone.

Il *conglomerato* già ricordato ha una estensione considerevole lungo il sentiero a Nord del Lago d'Arno. Consiste essenzialmente di frammenti di quarzo ben cementati dimodochè formano una roccia molto dura. Però non credo che questa durezza maggiore sia un effetto del metamorfismo. Anche microscopicamente se ne trovano pochi indizi. C'è anche qui una piccola quantità di biotite verde-bruna e di tormalina ben conformata; la magnetite invece, è solo in parte cristallizzata in ottaedri. Nei frammenti non ho potuto constatare cambiamenti avvenuti, e sembra che la muscovite tanto in questo quanto nelle due arenarie sia intieramente di origine allotigena.

In complesso dunque le rocce metamorfiche permiane del Lago d'Arno *coincidono in tutti i caratteri importanti* e perfino in quasi tutti i caratteri secondari colle rocce descritte della Val Daone.

Credo opportuno ricordare ancora altre arenarie metamorfiche provenienti dal Corno delle Granate, montagna situata a Sud del Monte Aviolo, sopra Rino in Valle Camonica. Già Stache nella sua ultima pubblicazione (1) credette probabile che *„ die schmale durch einen Wechsel von krystallinischen Kalkschichten mit deckenartigen dioritischen Lagermassen ausgezeichnete Gesteinszone, welche auf der Westflanke des Adamello-Gebirges in langen Strecken zwischen dem Tonalit-Gebirge und dem angrenzenden Gneiss-und Quarz-Phyllit-Gebirge eingeschaltet liegt „* rappresentasse nella più

(1) Verhandlungen der K. K. geolog. Reichsanstalt zu Wien 1880. p. 252-255.

gran parte « Aequivalente der unteren Servino-Schichten von Paspardo ». Ma una prova sicura di questa supposizione mancava finora, e così Löwl nella sua già citata pubblicazione sulla tonalite dei « Rieserferner » nel Tirolo ritenne la parte settentrionale del masso tonalitico dell'Adamello *una laccolite*, formatasi prima del primo piegamento dei scisti cristallini, dunque nelle nostre regioni non soltanto prepermiano, ma persino precarbonifero. Io stesso passai nel 1892 dalla capanna del Baitone per la forcella di Bombià e trovai nei massi caduti dal Corno delle Granate rocce metamorfiche speciali con grandi macchie e noduli di cordierite e biotite che in tutto il gruppo dell'Adamello non si trovano in altri livelli che negli strati di Werfen.

Non potendo però in questi due anni fare la salita della cima per cercare affioramenti dei massi caduti, forse non avrei osato di pubblicare ora la mia osservazione, se non per un caso non avessi ottenuto una seconda prova della presenza di terreni relativamente giovani in questa montagna. Il signor Prof. Schultz di Lipsia salendo il Corno delle Granate raccolse tre varietà di roccia sulla cima e si rivolse per mezzo del mio amico Dottor H. Finkelstein a me per averne la determinazione petrografica. Due dei pezzi sono rocce di orneblenda come si possono trovare nelle zone di contatto, tanto di rocce cristalline quanto di rocce sedimentarie. Il terzo consiste di una tipica arenaria di contatto che coincide perfettamente in tutti i caratteri essenziali colle arenarie di contatto della Val Daone e del Lago d'Arno. Ora si potrebbe forse fare l'obbiezione che questa coincidenza petrografica sia accidentale; ma in ogni caso bisogna constatare che nel gruppo dell'Adamello non si trovano vere arenarie interstratificate fra gli scisti cristallini. Il primo sistema elastico è quello che abbiamo esaminato nella Val Daone. Non è impossibile che la parte inferiore di questo sistema rappresenti il carbonifero. La maggior parte però è, come dimostra la presenza di elementi del porfido permiano, sicuramente permiana. Ma comunque sia nel nostro caso la presenza di queste arenarie metamorfiche e del servino metamorfico nella zona di contatto della tonalite, prova l'età minore di questa e dunque l'erroneità delle ipotesi di Löwl (1).

Il pezzo d'arenaria raccolto dal Prof. Schultz microscopicamente contiene granuli elastici di quarzo in un cemento cristal-

(1) Dovrò presto parlare più diffusamente di queste in una nota speciale.

lino formato da granuli di quarzo e ortose, da una biotite verde-bruna del solito pleocroismo osservato già in Val Daone che va dal verdastro giallognolo al verde-bruno, e da prismetti di tormalina verde, riuniti qualche volta in plaghe, composte quasi esclusivamente di esse. Quale prodotto d'alterazione della biotite si trova epidoto.

È rimarchevole la perfetta coincidenza del colore della biotite con quello delle biotiti di nuova formazione del Lago d'Arno e della Val Daone.

Conclusioni.

Riassumendo ora le osservazioni descritte risultano i fatti seguenti:

1. Le rocce normali del sistema di rocce clastiche, inferiore al trias e superiore agli scisti cristallini del gruppo dell'Adamello, consiste di *conglomerati, arenarie ed argilloscisti*. I componenti di queste rocce sono *frammenti di porfidi permiani e scisti cristallini, frammenti o cristalli di quarzo, ortose, plagioclasio, muscovite, biotite, tormalina, rutilo, zircone, magnetite, ematite, apatite, brunispato*, minerali secondari come *limonite, leucoxeno, calcite, clorite*, ed un cemento composto da *quarzo, sericite, clorite (?) e sostanza amorfa silicea (?)*.

2. Le rocce metamorfiche appartenenti a questo sistema sono *conglomerati ed arenarie di contatto, quarziti, micascisti e gneiss di contatto*. Le arenarie e quarziti di contatto derivano dalle arenarie, i gneiss e micascisti di contatto dagli argilloscisti, i conglomerati di contatto dai conglomerati normali.

Tutte queste rocce di contatto sono composte dagli stessi minerali di cui consistono anche le rocce normali, solo che mancano nelle rocce intieramente metamorfizzate la clorite, calcite, ematite ed il brunispato. In un micascisto di contatto si trovano noduli composti da un anfibolo simile all'attinoto, da epidoto probabilmente primario e da quarzo. In un altro micascisto partecipa un tale anfibolo anche proprio alla composizione della roccia.

3. *I minerali di nuova formazione hanno certi caratteri peculiari.*

a) I granuli clastici del quarzo e feldispato immersi nel cemento, perdono la forma speciale dei contorni, caratteristica della loro origine clastica, *diminuiscono di volume* perdendo

una parte della loro sostanza per un assorbimento periferico a favore dei minerali formantisi intorno ad essi, e acquistano *contorni complicati, irregolarmente dentellati e frastagliati*.

b) La poca *biotite bruna, alterata delle rocce normali scompaie*; invece nelle rocce metamorfiche abbonda una *biotite verde-bruna e fresca*. Questa è sparsa specialmente nel cemento e pare che si formi a spese almeno di una parte delle squamette del cemento; perciò è probabile che questi non siano da riferirsi intieramente alla muscovite, ma in parte alla clorite. Solo in poche varietà di rocce metamorfiche si trova una biotite di una tinta giallo bruna, in una anzi un po' rossastra. In poche varietà di roccia fu osservato che la biotite *forma come delle corone intorno ai granuli clastici del quarzo. Le sue fogliette allora sono disposte tangenzialmente*. Una spiegazione sicura del fenomeno non si può ancora dare; però essendo riempite in queste rocce anche le fessure di quarzo e feldispato di tali fogliette di biotite ed essendo queste varietà di rocce isolate e rare, è possibile che in esse il contatto fra cemento e frammenti fosse incompleto, dimodochè le molecole cristallizzanti abbiano trovato là uno spazio relativamente libero. In questo caso la disposizione tangenziale delle fogliette si spiegherebbe assai facilmente per l'estensione tangenziale degli interstizi liberi.

c) In molte rocce metamorfiche *si trovano delle venuzze riempite di quarzo e biotite*. Il quarzo di queste vene ha contorni *poligonalì rettilinei, relativamente poco complicati*. La presenza della biotite ed inclusioni di questa provano che è formato durante l'azione metamorfica. Una struttura simile, anzi forse ancora più chiara, ha il quarzo che forma insieme con anfibolo ed epidoto i noduli sopra accennati di un micascisto di contatto. Credo che questa struttura sia la stessa che descrissi nel mio lavoro « *Sopra alcune rocce metamorfiche intercluse nella Tonalite* » (1) col nome « *struttura di contatto a modo di pavimento* ». È molto caratteristica per alcune rocce di contatto ricche di quarzo.

d) La *magnetite* in tutte le arenarie, argilloscisti e conglomerati normali del gruppo dell'Adamello si presenta in granuli clastici non cristallizzati. Nelle rocce metamorfiche si presenta invece *almeno nella metà delle rocce esaminate in ottaedri nettissimi*. Nelle altre rocce forma granuli non bene cristalliz-

(1) Vedi questo giornale 1892, p. 19.

zati, ma però di forma irregolare, sicuramente non clastica. Perciò ritengo anche la forma ottaedrica della magnetite nelle rocce da me esaminate quale indizio del metamorfismo di contatto. Osservo però che non si può generalizzare questa osservazione, giacchè io stesso mi ricordo di avere visto in arenarie normali di altre regioni magnetite in bei cristalli ottaedrici.

e) La *tormalina* delle arenarie normali della regione dell' Adamello presenta sempre granuli elastici; nelle arenarie di contatto invece si trova esclusivamente in prismetti ben conformati e spesso terminati ad una o due estremità. Là sono affatto prive di inclusioni, qui contengono inclusioni numerosissime di quarzo e di polvere e granuli neri, riferibili probabilmente alla magnetite, forse però in parte anche al carbone, presentando così spesso una vera struttura di contatto. Nelle arenarie normali i granuli sono sparsi irregolarmente per la massa della roccia; nelle arenarie e conglomerati di contatto si trovano anche in gruppi paralleli o raggiati; qualche volta innumerevoli prismetti diretti in modo differentissimo riempiono intieramente certe plaghe di una sezione. La quantità della tormalina varia molto; però è certo che è molto maggiore nelle rocce metamorfiche che nelle rocce normali. — Anche negli scisti metamorfici ha gli stessi caratteri che presenta nelle arenarie di contatto; ma è necessario di ricordare che anche in due argilloscisti apparentemente non metamorfici furono constatati prismetti spesso ben conformati di tormalina con inclusioni di sostanze nere e qualche volta anche granuletti trasparenti di quarzo. La quantità di questi prismetti è molto minore che nei micascisti di contatto; aggruppamenti di più individui non si osservano, ma il loro aspetto è del tutto simile a quello della tormalina di contatto ed io non dubito della loro *origine autigena*. La distanza dalla roccia plutonica è per gli scisti di Rino incirca 2500 m. per quelli di Capo di Ponte fra 3500 e 4000 m. Una tale estensione di aree di contatto è una cosa rarissima, fu però constatata appunto per argilloscisti da Barrois nell'area di contatto del granito di Rostrenen (4000 m.) e del granito di Huelgoat (3000 m.) da Lossen in quella del granito del Ramberg nell'Harz (3500 m.) da von Lasaulx nei Wicklow Mountains dell'Irlanda (3200 m.) ed in diverse altre regioni. Parrebbe dopo ciò non infondata l'opinione che i prismetti di tormalina dei nostri scisti fossero il primo e più lontano indizio del metamorfismo di contatto. Mi

preme però di notare che non conosco finora nessun altro fatto favorevole a questa ipotesi, dimodochè bisognerà aspettare a pronunciare un giudizio definitivo, che un esame geologico e petrografico accurato della Val Camonica abbia messo in evidenza le condizioni in cui si trovano gli strati interposti fra gli scisti descritti e la tonalite.

f) La *muscovite* che negli strati normali si trovava in fogliette allotigene grandi e in squamette minutissime sparse nel cemento, presenta caratteri fisici quasi identici anche nelle rocce metamorfiche; però è evidente che la muscovite che fa parte del cemento delle rocce di contatto, è cristallizzata in fogliette maggiori di prima: spesso sono anche concresciute colla biotite verde-bruna di contatto. Nelle rocce metamorfiche si trovano poi anche grandi fogliette che io ritengo essere di formazione nuova non essendo così sfibrate e inflesse come la muscovite allotigena delle rocce normali.

g) *Rutilo* e *zircone* si trovano ambedue, questo sempre, il rutilo più di rado tanto nelle rocce normali quanto in quelle metamorfiche; ma l'abito loro non mostra perciò differenze ben evidenti presentando qualche volta essi anche là dove sono sicuramente allotigeni, delle forme cristalline ben definite. È probabile però che siano almeno nelle rocce intieramente metamorfizzate di formazione nuova.

h) *Ortose* indubbiamente di *nuova formazione* fu osservato nel gneiss di contatto, che affiora, poco a valle della piccola cappella della Val Daone. (vedi p. 117). Non presenta però nella sua struttura caratteri speciali, rimarchevoli.

i) *Apatite* è un componente assai raro delle rocce metamorfiche e normali; le osservazioni fatte non permettono altro che accertare la sua presenza.

k) *Ematite*, *brunispato*, *calcite* e *clorite* non furono osservati che nelle rocce normali. È probabile che la clorite si sia trasformata in biotite; ma una parte di questa potrebbe derivare anche da una miscela di diversi minerali, p. es., muscovite sericitica, ematite ed altri. Peraltro è possibile che l'ematite abbia prodotto anche magnetite di nuova formazione.

l) Il cemento delle rocce metamorfiche è intieramente cristallino, mentre non è escluso che nelle rocce normali non contenga anche silice amorfa. Gli elementi cristallizzati del cemento delle rocce metamorfiche hanno maggiori dimensioni che in quelle non metamorfiche.

m) La presenza, il numero e la distribuzione delle inclusioni liquide nei quarzi non lasciano riconoscere nelle rocce metamorfizzate nessun rapporto coll'azione metamorfica e ciò non soltanto nelle arenarie, ma anche negli argilloscisti metamorfici.

4. La quantità dei minerali componenti le rocce metamorfiche, e particolarmente della biotite, tormalina, magnetite e muscovite, varia talmente da banco a banco, anche in una sola varietà di roccia, che in generale si deve negare assolutamente l'esistenza di una proporzione fra distanza dalla roccia plutonica e quantità dei minerali di contatto.

Solo nella zona più esterna, dove l'azione metamorfica era così debole da non poter più abbracciare tutta la sostanza delle rocce, si osserva un aumento della biotite e della tormalina avvicinandosi alla regione del metamorfismo più intenso. — Da ciò risulta in ogni caso, che la composizione mineralogica delle rocce di contatto nella Val Daone dipende essenzialmente dalla loro composizione chimica iniziale. Una importazione di sostanze estranee riesce probabile solo per la tormalina essendo la quantità di questa assai minore che nelle rocce di contatto e contenendo essa delle sostanze, che nelle rocce normali sicuramente non erano presenti.

5. Nelle rocce metamorfiche scistose, in cui fu provato che la scistosità è primaria, non trasversale, i minerali di nuova formazione, la biotite, tormalina e muscovite sono disposte parallelamente alla superficie degli straterelli. Ciò prova che durante il processo del metamorfismo non tutte le parti delle rocce furono mobili contemporaneamente, perchè allora dovremmo trovare i minerali di nuova formazione senza orientazione regolare.

6. L'intensità del metamorfismo è più debole nelle zone esterne, che nelle zone interne; ma una diminuzione regolare non si può constatare. I banchi d'argilloscisti sono ad una distanza di più di 750 m. intieramente ricristallizzati, mentre le arenarie interstratificate ad esse, solo al microscopio rivelano qualche indizio del metamorfismo; ed i conglomerati sono ancora più resistenti all'azione metamorfica.

7. Suess credette che la mancanza del colore rosso nelle arenarie più vicine al contatto fosse un indizio di metamorfismo e disse perciò (1): « Der Grödener Sandstein besitzt im unter-

(1) l. c. p. 316.

sten Teile dieses langen Thales seine *normale* rothe Färbung. — Schon mehr als 1000 m. vom Contact verwandelt sich dieser Sandstein in einen braungrauen Quarzit *n*. Questa osservazione è giusta solo in parte. Il colore rosso che l'arenaria di Gröden ha ancora nei dintorni di Daone scompare ben presto a monte; e già in una distanza di più di 5000 m. dal contatto cominciano le tinte variabili grigie, brune, violacee, raramente rossastre che si mantengono fino ad una distanza di meno di 700 m. dalla tonalite. Anche nella Val Caffaro e nella Val Camonica l'arenaria normale di Gröden ha spesso tinte grigio-oscure, brune, violacee. A 700 m. dal contatto tutti questi colori oscuri cedono dinanzi a un grigio più o meno chiaro.

Ma i fenomeni metamorfici si rivelano microscopicamente già a 2000 metri dal contatto nelle arenarie. Una tale estensione del metamorfismo di contatto finora non fu mai osservata per arenarie, ed è tanto più rimarchevole, giacchè le nostre ricerche geologiche dimostrano che la superficie di contatto della tonalite è quasi verticale; e quindi la roccia plutonica anche sotto terra non può essere molto più vicina che negli affioramenti visibili.

8. Mentre fenomeni cataclastici sono frequentissimi nelle rocce normali, lontane dal contatto, sono invece assai rari nelle rocce metamorfiche esaminate; però il materiale studiato non basta ancora per accertare con sicurezza, se siano o no distrutti per il metamorfismo di contatto. Nel primo caso questa osservazione avrebbe una grande importanza per la questione dell'età della tonalite.

9. Una distinzione di zone diverse basate su differenze essenziali della composizione petrografica non è possibile, prima perchè la zona più interna che probabilmente presenterebbe tali diversità, non è conservata. Inoltre i conglomerati furono trovati solo in un punto dell'area di contatto; gli argilloscisti metamorfici affioranti a 200 e 800 m. di distanza dalla tonalite si distinguono pochissimo fra loro; le arenarie di contatto fanno riconoscere differenze, ma non così importanti e rimarchevoli da meritare due nomi differenti. Tutt'al più si potrebbe in esse distinguere una zona esterna, da 2000 a 700 m., in cui solo microscopicamente si constatano effetti del metamorfismo ed una zona interna, dove questi effetti sono visibili anche ad occhio nudo.

Confronti.

Il numero dei casi in cui arenarie (1) furono metamorfizzate per il contatto con rocce plutoniche, è esiguo: e per lo più si tratta di graniti. Molto più rari sono casi di metamorfismo causati da rocce dioritiche. -- Cominciando coi graniti troviamo indicazioni rimarchevoli nella memoria: *Études sur le métamorphisme des roches* di J. DUROCHER (2) di cui riporto le parole testuali: (p. 604.) « Les grès quartzeux présentent quelquefois une manière d'être fort remarquable ». — « La structure grenue a tout-à-fait disparu; ce sont des masses compactes, à cassure inégale ou conchoïde, translucides » ecc. — (p. 605). Tous les endroits où j'ai vu des masses de quartz devenu compacte sont situés dans le voisinage du granite, et cette modification s'est produite jusqu'à une distance d'environ 1000 mètres de la ligne de contact, ainsi au bourg de Saint-Rémy, au midi de Sens, dans l'Ille-et-Vilaine; au-delà, ces caractères deviennent de moins en moins prononcés et finissent par s'effacer. D'ailleurs l'état compacte ed la cassure pseudo-rhomboidale ne se sont pas développés également dans tous les points où les quartzites sont en contact avec le granite; souvent ce genre de métamorphisme est faiblement marqué; et même, en général, au contact du granite les quartzites n'ont pas été aussi fortement modifiés que les schistes, les grauwackes ou les calcaires ». In p. 567 descrive « des tubercules particuliers » « dans les couches de grauwackes » de la Bretagne (3).

Queste osservazioni meritano d'essere ricordate benchè fatte in un tempo, in cui il microscopio non era ancora applicato alle ricerche geologico-petrografiche.

Un'altra indicazione fu data da

SCHWEINFURTH e LIEBISCH (4). « Das Contactstück zeigt eine

(1) Non tratto separatamente le *grauwacke* che io ritengo come una varietà di arenaria.

(2) Bulletin d. l. société géologique de France. II. Serie. Vol. III. p. 604-605, 1846.

(3) Queste osservazioni erano state cominciate già da *Dufrénoy* e *Élie de Beaumont*. Explications de la carte géologique de France; p. 77. - Mém. pour servir à une description géol. de la France. T. 2. p. 405. I lavori di *Puillon Boblaye* e di *Daubuisson*, citati da Barrois (Rostrenen, p. 33) non ho potuto consultare.

(4) Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellsch. 1877. p. 712-713.

innige Verbindung von Granit und Sandstein. Verzweigungen der Granitsubstanz, deren Feldspäthe an den Berührungsstellen mit dem Sandstein z. Th. verwittert sind, reichen in die Sandsteinmasse derart hinein, das schliesslich eine Vermischung der Gemengteile beider Gesteine eintritt. Feldspathkrystalle, welche dem Granit angehören, erscheinen ringsum von Sandstein umgeben n.

Fenomeni simili furono descritti da JOH. LEHMANN (1) nel contatto fra il granito della valle dell'Ocker nell'Harz ed arenarie paleozoiche.

CHARLES BARROIS ha il merito d'essere stato il primo ad esaminare con tutti i mezzi moderni il metamorfismo di contatto di arenarie; e ne diede descrizioni addirittura classiche nelle due memorie « Sur les grès métamorphiques du massif granitique du Guéméné (Morbihan) » (2) e « Sur le granite de Rostren (Côtes-du-Nord), ses apophyses et ses contacts » (3). Qui non possiamo riassumere che i seguenti suoi risultati principali. Le arenarie siluriane a Scolithus che circondano il masso granitico di Guéméné, consistono nel loro stato normale di granuli clastici di quarzo di « un volume à peu près constant de 0,010 à 0,012 mm. Le quartz est cimenté par un mica blanc sériciteux ». Feldspato manca. Granuli di zircone sono ritenuti per allotigeni, mentre la mica bianca secondo Barrois è in parte autigena, in parte allotigena. Avvicinandosi al granito le arenarie diventano più dure e passano nelle rocce della zona più esterna di contatto, cioè le « quarziti micacee ». In queste i granuli clastici del quarzo si sono trasformati in granuli arrotondati o esagonali. Il loro diametro è diventato più variabile, ma è in media di 0,5 mm., è dunque assai maggiore. Questo aumento considerevole del volume, riportato anche da Rosenbusch nel suo testo di petrografia (4), contrasterebbe vivamente coi risultati ottenuti da me per le arenarie della Val Daone, se Barrois stesso non aggiungesse a p. 111. « Il me paraît cependant certain que les lamelles du mica noir du quartzite deviennent de plus en plus petites, à mesure qu'on s'éloigne du granite; il n'en est

(1) Untersuchungen über die Entstehung der altkrystallinischen Schiefergesteine ecc. Bonn. 1884. p. 35.

(2) Annales de la société géologique du Nord. Lille. Tome XI, p. 103. 1884.

(3) Idem. Tome XII, p. 1. 1884.

(4) Mikrosk. Physiographie der massigen Gesteine. II^e Edizione. 1887. p. 55.

pas de même des grains de quartz, dont la grosseur très-variable est entièrement indépendante de l'éloignement de la roche éruptive ». E difatti nella seconda zona più interna (p. 113) i granuli variano da 0,08 a 1 mm., essendo nella media fra 0,27 e 0,37 mm. Nella terza zona hanno diametri variabili fra 0,08 e 0,25. La media è di 0,15. Questa variabilità è così grande che non mi pare abbastanza accertato, se le differenze di volume non provengano da differenze nelle dimensioni originarie dei quarzi elastici, invece di essere un effetto del metamorfismo. I granuli del quarzo contengono in questa zona ancora inclusioni liquide a libelle mobili. La sericite fu sostituita quasi intieramente da una biotite bruna di un pleocroismo molto intenso. Questa si trova spesso anche quale inclusione nel quarzo. Lamelle di muscovite ben evidenti si presentano solo in poche località. Alla zona descritta segue verso il granito quella delle « quarziti micacee sillimanitizzate ». Queste si distinguono dalle quarziti micacee per la presenza di sillimanite, cordierite e magnetite. La trasformazione « en fer oxydulé de la pâte limoniteuse, qui colore en jaune un certain nombre de ces grès non modifiés » è rimarchevole essendosi constatato la magnetite anche nelle arenarie della Val Daone quale minerale di contatto. — Alla fine, in una distanza di meno di 10 metri dal granito, si trovano qualche volta rocce ancora più intensamente metamorfizzate, le « quarziti micacee feldispatizzate ». Consistono di quarzo granulare, di cristalli d'ortose e di plagioclasio, di mica bianca e nera, e di sillimanite e cordierite. « Il est facile de se persuader qu'ici les feldspaths, le mica blanc et partie du quartz, représentent un apport granulitique, dans la substance du grès micacé » (p. 119).

È evidente che i fenomeni descritti da Lehmann (l. c.), e Schweinfurth e Liebisch (l. c.) corrispondono al metamorfismo di questa zona più interna, mentre la zona più esterna, quella delle « quarziti micacee » presenta una certa analogia col metamorfismo delle arenarie della Val Daone. La somiglianza consiste nella formazione nuova di biotite e magnetite e nella scomparsa della struttura clastica del quarzo. Ma le differenze sono molto notevoli. La biotite nuova della Val Daone è verde-bruna, quella di Guéméné bruna. I quarzi, descritti da Barrois, sono oltremodo variabili nelle loro dimensioni. Lo stesso vale anche per le arenarie permiane della Val Daone, ma in queste si poté constatare con certezza che i quarzi porfirici *diminuiscono di volume,*

mentre i piccoli quarzi del cemento aumentano. Le arenarie della Val Daone contengono sempre la tormalina quale minerale di contatto, in quelle di Guéméné manca intieramente. La muscovite di nuova formazione si trova in tutte le arenarie metamorfiche della Val Daone; nelle arenarie metamorfiche di Guéméné è un componente rarissimo.

L'estensione orizzontale del metamorfismo di contatto è molto minore a Guéméné che nella Val Daone. Barrois scrive (p. 135). « Le premier effet métamorphique produit, le plus simple, consiste dans un simple changement de structure des grains de quartz; je l'ai suivi jusqu'à un demi-kilomètre de distance du contact de la granulite (1) ». Nella Val Daone il raggio dell'area di contatto è di 2000 m., dunque quattro volte maggiore.

Il metamorfismo di contatto subito dalle arenarie siluriane dei dintorni di Rostrenen (grès armoricains, grès à scolithes, à bilobites) non dimostra secondo Barrois differenze essenziali da quello dell'area di contatto di Guéméné. Le arenarie normali di Rostrenen assomigliano assai a quelle di Guéméné; a cinquanta metri dal contatto diventano più dure e compatte e passano a rocce di contatto, identiche a quelle descritte nella memoria precedentemente ricordata. Anche qui Barrois osserva che « la grosseur très variable des grains de quartz est intièrement indépendante de l'éloignement de la roche éruptive » (p. 35). La biotite è bruna. I quarzi di nuova formazione contengono qui come a Guéméné inclusioni liquide con libelle a temperatura ordinaria immobili, disposte in serie lunghe che continuano spesso attraverso diversi granuli vicini (p. 37-38).

L. DAVY (2) descrive brevemente effetti del metamorfismo nelle arenarie della « Barre-de-Hingué, à l'extrémité ouest de la granulite du Houx ». Le arenarie sono diventate quarzitiche e contengono tormalina e miche di diverso colore « en nids et en amas ».

HÉBERT osservò la formazione di *granato* nel contatto granitico.

(1) Non è dunque corretto ciò che Rosenbusch (l. c. p. 56) dice: « Der Radius der Contacthöfe überschreitet bei dem Sandsteine kaum die Länge von 50 m. » Barrois fa questa asserzione solo per le arenarie dell'area di contatto di Rostrenen (l. c. p. 116).

(2) Étude du métamorphisme aux environs de Nozay. p. 11. Bullétin de la société d'Études scientifiques d'Angers. 1889.

« On suit ces grès jusqu' à Morlaix. Ils sont assez fossilifères au Merdy, et sont, ainsi que les schistes, traversés par le granite à microcline tout près de là, au hameau de Saint-Fiacre, et à Bohast sur la rive droite de la rivière, où l' on peut constater la présence de grenats dans les grès au contact du granite » (1).

Finora questa osservazione macroscopica non fu seguita da ricerche microscopiche che certamente avrebbero dato risultati interessanti. Anche ZIMMERMANN (2) non ha dato descrizioni microscopiche, dimodochè un confronto più accurato coi risultati delle mie ricerche è inutile. Egli dice (pag. 36): « Die Contactgesteine am Sormitzgranit entsprechen, soweit sie aus Schiefer hervorgegangen sind, denen vom Hennberg in hohem Grade. Dagegen treten hier an der Sormitz noch abweichende Bildungen auf, weil auch Sandsteine der Metamorphose mit unterlegen sind. Es hat den Anschein, als ob die letzteren selbst weit weg von dem eigentlichen Contacthof noch eine gewisse Umwandlung erlitten hätten, indem sie dort in höherem Grade ein quarzitisches Aussehen mit entsprechender Härte haben, als sonst auf der Section, und indem dort Quarztrümer mit reichlichen Ausscheidungen eines dunkelgrünen, thuringitähnlichen Minerals aufsetzen, welches sonst dem Culm fremd und hauptsächlich im Cambrium zu Hause ist. » — « Bei dem zwischen die Schiefer gelagerten Sandstein ist die Metamorphose (innerhalb des auf der Karte dargestellten eigentlichen Contacthofes) im ersten Stadium in der Regel nicht über die Bildung von Quarziten hinausgekommen, die reichlicher mit Kieselsäure imprägnirt erscheinen und darum ein hornsteinartiges oder massiges Gepräge angenommen haben. Im zweiten Stadium bilden sich quarzreiche Andalusit-Muscovitgesteine, oder auch biotitreiche hornfelsähnliche Gesteine. In einem der letzteren hatten sich neben den mikroskopisch ausgeschiedenen Biotitschüppchen auch grössere (bis 1½ mm.) Biotittafeln und verhältnissmässig sehr grosse (bis 6 mm.) Plagioklase ausgebildet, wodurch Handstücke den Eindruck eines massigen Porphyrs machten; aber es war die

(1) Phyllades de Saint-Lô et conglomérats pourprés dans le Nord-Ouest de la France, par Edm. Hébert. Bulléin de la Société géologique de France. — III Série, Tome 14. p. 741. — 1886.

(2) Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen. XL Lieferung Gradabtheilung 71, No 26. Blatt Liebengrün von E. Zimmermann.

Schichtung am anstehenden Gestein immer noch deutlich und die Diagnose desselben als Sediment unzweifelhaft ».

Un'altra osservazione macroscopica fu descritta dallo stesso autore dell'area di contatto della granitite di Döhlen (1): « Die Culmthonschiefer sind innerhalb des Contacthofes in Fleck-(Knötchen-) Schiefer umgewandelt; auch die Culmsandsteine lassen eine Fleckbildung erkennen. »

M. KOCH (2) constatò che le arenarie devoniane dell'Harz nel contatto granitico prendono l'aspetto di quarziti essendo cristallizzati in esse il cemento e i granuli clastici del quarzo.

G. LINCK (3) descrisse accuratamente le rocce metamorfiche del « Thalhorn, » dimostrò che le rocce originarie avevano nella maggior parte il carattere di arcose basiche, consistenti di feldispato, quarzo, biotite ed un cemento argilloso, più o meno ricco di calce. Nelle rocce metamorfiche constatò la nuova formazione di biotite bruna, di un oligoclasio e di un'anfibolo monoclini dell'abito dell'attinoto. Il cemento è intieramente cristallizzato, mentre frammenti di quarzo e di feldispato si conservarono senza subire cambiamenti metamorfici (p. 37). La roccia metamorfizzante del Thalhorn è una vera granitite.

Miss M. J. GARDINER (4) basandosi su una breve nota nel « Memoir Explanatory of Sheet 9 of the Geological Survey of Scotland » p. 22, esaminò il contatto fra il masso granitico di Cairnmore-of-Fleet e gli argilloscisti ed arenarie del Siluriano presso New Galloway. Manca una descrizione delle rocce normali. Nelle rocce metamorfiche fu constatata la presenza di biotite bruna, granato, sillimanite. Quarzo e muscovite sono comuni tanto nelle rocce normali, quanto in quelle metamorfiche. La struttura clastica è scomparsa intieramente nei banchi più vicini al granito. In alcuni banchi di arenarie metamorfiche si trova anche la *chiastolite* (p. 574).

Fenomeni simili furono descritti secondo Miss Gardiner da BONNEY e ALLPORT in un lavoro a me non accessibile « Report

(1) Erläuterungen zur geolog. Specialkarte von Preussen. XL Lieferung Gradabtheilung 71, No. 25. Blatt Probstzella. p. 53.

(2) Jahrbuch d. preussischen geologischen Landesanstalt 1888. LIV.

(3) Geognostische Beschreibung des Thalhorn im oberen Amariner Thal von G. Linck. Mittheilungen der geolog. Landes-Anstalt von Elsass-Lothringen. Bd. IV, Heft 1, 1892. Strassburg. I. E.

(4) Contact-Alteration near New Galloway. Quarterly Journal of the geological Society of London. 1890. Vol. XLVI. p. 569-580.

on the effects of contact-metamorphism exhibited by the Silurian Rocks near the town of New Galloway (1) ».

Anche in altri punti dell'Inghilterra furono osservate arenarie metamorfizzate da graniti, così già nel 1843 da PORTLOCK (2) e più tardi da J. GEIKIE (3). — HARKER e MARR (4) descrissero poco fa il metamorfismo di contatto, subito da « grauwacke grits » ricche di frammenti di feldispato e di plaghetta di calcite nel contatto del « Shap granite. » I prodotti principali del metamorfismo sono, secondo loro, quarzo, feldispato e un pirosseno a calce. Biotite pare invece che manchi. — R. BECK (5) osservò vicino al granito di Markersbach una specie di « Hornfels, » consistente di un miscuglio di granuli finissimi di quarzo, plagioclasio, biotite, magnetite ed apatite. Secondo l'Autore questa roccia sarebbe una « grauwacke » metamorfizzata.

Lo stesso ed i geologi G. KLEMM, O. HERRMANN ed E. WEBER descrissero molto diffusamente ed accuratamente il metamorfismo di contatto, prodotto dal granito della Lausitz nelle formazioni paleozoiche di « grauwacke » della Sassonia (6). Mi è impossibile di riprodurre qui tutte le numerose osservazioni fatte da loro e mi restringerò a riassumere i risultati più importanti.

Il sistema normale delle grauvacche consiste di strati finalmente alternanti di argilloscisti, grauvacche a grana grossa e grauvacche a grana fina. Le grauvacche risultano di granuli clastici di quarzo e feldispato alterato; inoltre contengono squamette di muscovite, sostanze carboniose e ossidi di ferro, quasi sempre alterati in limonite. In alcune località si aggiunge anche carbonato di calce. Le grauvacche di contatto lasciano

(1) Proceedings Royal Society. Vol. XLVI. 1889.

(2) Report on Londonderry. London. p. 507. (Citato secondo Barrois).

(3) Geological Magazine. T. III, p. 529. — Memoirs of the geolog. Survey of Scotland. Explic. of sheet 22. (Citato secondo Barrois).

(4) Quarterly Journal of the geological Society of London. 1891. p. 321-323.

(5) Erläuterungen zur geolog. Specialk. d. Königr. Sachsen. Section Berggiesshübel. Blatt 102. Leipzig. 1889. p. 62.

(6) Erläuterungen zur geolog. Specialkarte des Königr. Sachsen. Section Neustadt-Hohwald (G. Klemm). Section Radeburg e Pulsnitz (O. Herrmann). Section Königsbrück e Radeberg (E. Weber). Section Kreischa-Hänichen e Pirna. (R. Beck). Vedi anche: Herrmann e Weber. Neues Jahrbuch f. Mineral. ecc. 1890. II. p. 187. — R. Beck. Tschermak's Mittheilungen. 1893. XIII. p. 290. — E. Weber. Neues Jahrbuch f. Mineralogie ecc. 1891. I. p. 211. — G. Klemm. Zeitschr. d. D. geol. Gesellsch. 1891. p. 528.

quasi sempre riconoscere ancora la loro origine clastica per i contorni caratteristici dei quarzi; il resto della roccia però diventa intieramente cristallino e contiene quali minerali di nuova formazione quarzo, biotite bruna, muscovite, ortose, plagioclasio; inoltre magnetite, pirite, pirrotina, sostanze carboniose e cristalli di zircone. Quarzo, plagioclasio, biotite e muscovite presentano caratteristiche strutture di contatto. Naturalmente esistono anche fra le rocce metamorfiche moltissime varietà differenti e corrispondenti sia a diversi gradi d'intensità dell'azione metamorfica, sia a varietà differenti delle rocce primarie; e così gli autori citati distinguono grauvacche cristalline, grauvacche a macchie o noduli, rocce di quarzo e mica (Quarzglimmerfelse), micascisti a noduli e rocce gneissiche. Altre varietà sono prodotte dall'aggiungersi ai minerali già citati la cordierite, tormalina bruna, sillimanite, ed una mica verde-porro. Andalusite manca nelle vere grauvacche metamorfiche; dove si trova, la roccia primaria probabilmente era un argilloscisto. I noduli e macchie consistono quasi sempre di cordierite alterata o fresca e non sono dunque da confrontare alle macchietine di biotite, descritte in questo lavoro nelle arenarie di contatto della Val Daone. La tormalina presenta inclusioni di quarzo come in queste, ma è di color bruno, non verde. La biotite bruna è un componente molto ordinario. La mica verde delle rocce metamorfiche della Sassonia non mi pare, secondo le descrizioni, simile alla biotite verde-bruna delle rocce della Val Daone. Del resto è fuori di dubbio che le « grauvacche cristalline » dei geologi sassoni, le « quarziti micacee » di Barrois e le arenarie di contatto della Val Daone presentano molte analogie.

J. E. HIBSCH (1) descrisse cambiamenti metamorfici prodotti dalla granitite di Tetschen in un « Grauwackenschiefer » speciale che contiene nel cemento anche plagioclasio, quarzo e muscovite autigeni. Nelle rocce metamorfiche si formano biotite e muscovite, qualche volta perfino cordierite nel cemento. I granuli clastici di quarzo e feldispato invece non cambiano aspetto. L'intensità del metamorfismo è molto minore che negli argilloscisti vicini.

Ora avendo considerato tutti i casi, a me noti, di metamor-

(1) Die Insel älteren Gebirges und ihre nächste Umgebung im Elb-Thale nördlich von Tetschen. Jahrbuch der K. K. geolog. Reichsanstalt zu Wien. 1891. p. 271.

fismo di contatto prodotto in arenarie da graniti, guardiamo quali altre rocce plutoniche hanno causato fenomeni simili (1).

SAUER (2) nella sua bella descrizione del territorio di Meissen constatò che il sistema siluriano di quella regione fu metamorfizzato dalla *sienite anfibolica* e che le grauwacche comprese nell'area di contatto diventano rocce quasi intieramente cristalline, di composizione mineralogica e struttura molto speciali, dopo ritrovate dagli altri geologi sassoni nelle aree di contatto dei graniti della Sassonia nelle grauwacche metamorfiche già citate e descritte nelle pagine precedenti.

J. F. WILLIAMS (3) descrisse nella sua ultima bellissima memoria il metamorfismo di contatto causato dalle *sieniti eleolitiche* nelle arenarie dell'Arkansas e constatò che i noti cristalli di brookite e rutilo si trovano appunto nei prodotti del metamorfismo. Inoltre ci si sono formati cristalli colossali di quarzo affumicato, ferro oligisto ed un silicato nuovo romboedrico. Le arenarie stesse passano in una roccia massiccia di quarzo. — È evidente che qui si tratta di fenomeni assai diversi da quei finora descritti.

Come fu già detto, sono estremamente rari i casi, in cui *rocce dioritiche metamorfizzano arenarie o grauwacche*. Se lasciamo da parte una osservazione dubbia di ZEUSCHNER (4), il primo caso sicuro fu descritto da DUROCHER nella memoria già citata (su p. 136) Egli scrive su p. 593: « Sur la côte occidentale du Finistère, a Rozan, aux environs de Crozon s'étend sur le rivage de la mer une zone de grauwacke traversée par de nombreuses masses de kersanton: à l'approche de l'une de ces masses on voit se développer dans la grauwacke des feuilletts de mica qui deviennent de plus en plus abondant, et la roche finit

(1) Non mi riferisco al metamorfismo di contatto, prodotto dalle laccoliti trachitiche dell'America, essendo le rocce intrusive di queste *vulcaniche* (vedi i lavori di Newburry, Holmes e Gilbert).

(2) Erläuterungen zur geolog. Specialkarte des Königreichs Sachsen. Section Meissen. Leipzig. 1889.

(3) Igneous rocks of Arkansas. Little Rock 1891. Ann. report of the geolog. survey of Arkansas for 1890. Vol. II.

(4) Neues Jahrb. für Mineralogie, 1838. p. 582-584. — Secondo la descrizione su p. 583 non si può trattare di una vera diorite. « Für gewöhnlich bildet der Diorit 1-5 Zoll mächtige Gänge im Sandsteine, ist von so feinkörnigem Gefüge, dass man die Gemengtheile nicht bestimmen kann. » « Die Farbe des Diorits ist dunkelgrün, und geht stufenweise ins Schwärzliche über. » Il metamorfismo osservato è puramente caustico.

de Rozan, certaines couches sont amygdaloïdes et offrent un aspect bréchiforme très singulier: les fragments enchassés dedans sont criblés de petites cavités bulliformes qui leur donnent une certaine ressemblance avec la pierre ponce. La nature sédimentaire de cette grauwacke n'est pas douteuse; car en explorant ces lieux avec M. Bourassin, j'y ai trouvé des empreintes de fossiles n. — « Outre la structure amygdaloïde et le développement accidentel du mica, la grauwacke y présente encore un mode de division en boules à la manière des diorites n.

(p. 593-594): « Aux environs de Sablé, près de la mine du Tertre, sur le bord de la Sarthe, on voit des couches de grauwacke qui sont devenues compactes, ont pris l'aspect d'un argilophyre, et tendent même à passer au diorite; d'autres couches sont devenues amygdaloïdes et présentent beaucoup de géodes, les unes vides, les autres remplies d'une substance blanche ou verdâtre n.

Queste osservazioni sono molto rimarchevoli, ma bisogna notare che la struttura amigdaloide che le grauwacche metamorfiche presentano qualche volta fanno supporre si tratti, almeno in parte, di effetti caustici; e difatti la roccia metamorfizzante non è una vera diorite plutonica, ma una *kersantite* in filoni. Dall'altra parte è la produzione di biotite un carattere comune dell'azione metamorfica delle vere rocce plutoniche già descritte ed anche la maggiore compattezza degli strati di grauwacche presso Sablé è un fenomeno che pare indicare una cristallizzazione del cemento nel modo osservato nelle aree di contatto dei graniti.

Il metamorfismo prodotto in arenarie da una vera *diorite* fu osservato e descritto solo da A. W. HOWITT in un lavoro di cui ho potuto consultare solo un sunto (1). I risultati per noi più importanti sono questi. Le dioriti di una regione dell'Australia hanno metamorfizzato arenarie e grauwacche scistose producendo in esse una biotite bruna e muscovite bianca. La clorite degli strati normali scompare intieramente vicino al contatto ed è sostituita dalla biotite. Anche plagioclasio si trova qualche rara volta, ma solo nel contatto immediato della roccia eruttiva. Le

(1) The diorites and granites of Swift's Creek and their contact zones, with notes on the auriferous deposits. — Royal Society of Victoria. Melbourne 1879. Vedi il referato di Rosenbusch in « Neues Jahrbuch für Mineralogie ecc. » 1881, I, p. 220-223 e Tschermak's Mittheilungen. XII, 1891. p. 390.

par passer à un véritable kersanton; néanmoins ce passage est accidentel et ne forme pas une règle générale. Dans la grauwacke rocce della zona più interna hanno perduto la loro scistosità e presentano i caratteri di un « Hornfels (roccia massiccia di contatto a grana fina). » Andalusite fu constatata da ROSENBUSCH in un tale campione che secondo la sua struttura pare derivato da un'arenaria. La zona più esterna perde poco alla volta questa apparenza e passa gradatamente nei sedimenti normali.

L'ultima osservazione da ricordarsi sarebbe appunto quella già testualmente citata di SUESS (vedi p. 134 di questo lavoro) sulla base della quale io mi decisi di fare le ricerche presenti.

Avendo riportato un numero abbastanza considerevole di osservazioni sul metamorfismo di contatto delle arenarie e grauwacche, credo opportuno di richiamare l'attenzione anche sul fatto che non sempre le rocce plutoniche producono cambiamenti di composizione e struttura nelle arenarie o grauwacche vicine. Basterà un esempio per provare questa asserzione. W. DEECKE (1) descrivendo il granito dell'« Elsässer Belchen dice: » Auffallend bleibt jedoch, dass Contacterscheinungen bisher nicht nachgewiesen sind. Trotzdem an mehreren Punkten die Grauwackenschiefer dicht an den Granit heranreichen, hat sich nirgends eine besondere Härtung derselben, Abnahme der Schieferung oder Knotenbildung beobachten lassen, ebensowenig wie eines der charakteristischen Contactminerale, Andalusit, Granat oder Turmalin. »

Riassumendo alla fine brevemente i risultati delle memorie citate e delle osservazioni contenute in questo lavoro, troviamo:

1. Il metamorfismo di contatto, causato da rocce plutoniche, produce nelle arenarie e grauwacche i seguenti minerali di nuova formazione: mica bruna, verde e bianca, ortose, plagioclasio, quarzo, tormalina, magnetite, sillimanite, cordierite, chiastolite (2), andalusite, granato, pirite, pirrotina, rutilo, zircone, anfibolo ed un pirosseno a calce (3).

2. La cristallizzazione comincia sempre nel cemento e distrugge solo a distanze piccole dal contatto ogni accenno alla

(1) Der Granitstock des Elsässer Belcheu in den Südvogesen. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1891. p. 875.

(2) Solo da Gardiner; in banchi forse originariamente più argillosi che arenacei?

(3) Solo in rocce già originariamente molto basiche.

origine clastica delle rocce, conservandosi quasi sempre i frammenti più grandi di quarzo.

3. La massima estensione orizzontale degli effetti metamorfici, osservata finora in tali rocce è di 2000 m.

4. Le rocce metamorfiche sono da ascrivere alle *arenarie*, risp. *grauvacche di contatto* che lasciano ancora riconoscere la struttura clastica, ma presentano già segni del metamorfismo; ovvero esse sono intieramente cristalline ed in questo caso conviene denominarle secondo la loro composizione attuale *micascisti* rispettivamente *gneiss* o *rocce massicce di contatto*.

5. In alcune regioni si distinguono zone di diversa intensità del metamorfismo. (Bretagne, Sassonia, ecc.)

6. I minerali di nuova formazione presentano spesso strutture speciali di contatto.

7. In quanto al modo del metamorfismo non esiste una differenza essenziale fra le rocce plutoniche che ne sono causa. Solo le sieniti eleolitiche pare che differiscano alquanto. Ma i graniti, le vere sieniti e le dioriti si comportano identicamente.

Gabinetto mineralogico

R. Università di Pavia.
