

GIORGIO MARINELLI

SULLA SUPPOSTA SIENITE ALCALINA SODICA
DEI DINTORNI DI GROSSETO IN TOSCANA

Riassunto. — In base alla segnalazione fatta da G. Ardigò dell'affioramento di una « sienite alcalina sodica » nella Maremma toscana, tale tipo litologico viene studiato dal punto di vista chimico e petrografico e inquadrato, assieme alle rocce associate, nello schema delle attuali conoscenze sulla geologia della Toscana marittima.

La roccia è riconosciuta essere una crossite albitica, derivata da metamorfismo di epizona, associato ad un debole metasomatismo sodico, su di un originario differenziato leucoerato del magma gabbriaco della formazione ophiolitica.

Sommaire. — On étudie les conditions de genèse géologiques et chimico-minéralogiques d'une roche de la Toscane maritime découverte par G. Ardigò et appelée par lui-même « sienite sodique ». Les études ont permis de reconnaître dans cette roche une crossite albitique.

La roche étudiée provient d'un résidu de différenciation du magma gabbrique de la formation ophiolitique, à la suite de phénomènes de métamorphisme régional et d'un faible metasomatisme sodique.

Abstract. — The genesis and the chemical petrological features of a rock from maritime Tuscany are studied. This rock, for the first time, has been described by G. Ardigò and called « soda-syenite » by the same Author. The chemical-petrological studies lead to classify this rock as « albite crossite » deriving from the action of regional metamorphism in connection with slight soda-metasomatism on the residual portion of a differentiation of gabbroic magma connected with ophiolites series.

Zusammenfassung. — Es wurde die Genesis und die chemisch-petrographische Erscheinungsform eines Gesteins der marinen Toscana untersucht. Dieses Gestein wurde zum ersten Mal von G. Ardigò beschrieben und mit den Namen « Soda-Syenit » belegt.

Die chemisch-petrographischen Untersuchungen führten zu der Klassifikation als « Albit-Krossit », der von der Tätigkeit einer Regionalmetamorphose in Verbindung mit einem leichten Soda-Metasomatismus an dem Rest einer Differentiation eines Gabbroid-Magmas verbunden mit ophiolitischen Serien abgeleitet werden kann.

In due interessanti note comparse recentemente (3), (4) G. Ardigò segnalava e poi descriveva più dettagliatamente una singolare roccia da lui rinvenuta alle pendici nord occidentali del rilievo mesozoico del Poggio di Moscona, a pochi Km. da Grosseto. Tale roccia, che detto Autore chiama sienite alcalina, affiora tra gli argilloscisti filadici del Trias ed il calcare cavernoso su di un'area assai ristretta e molto coperta da vegetazione e detrito; l'affioramento quindi non mostra limiti ben precisi nè sono possibili osservazioni su eventuali fenomeni di termometamorfismo ingenerati dalla roccia stessa sui sedimenti incassanti.

Questa alcali-sienite è costituita, sempre secondo G. Ardigò, da albite prevalente (73% in volume) e da arfvedsonite in struttura ipidomorfa a grana variabile da fina a media, di tipo agpaitico, ossia con inversione dell'ordine di cristallizzazione tra plagioclasio e anfibolo alcalino. Poco ortoclasio, apatite, quarzo, oligisto, zirconio e pennina secondaria completano il quadro mineralogico di questa roccia, che in tutti i suoi campioni mostra di aver subito evidenti deformazioni di tipo dinamico. Detto Autore precisa che la determinazione dell'anfibolo non è molto esatta, avendo dovuto lavorare su materiale molto torbido, spesso cloritizzato e comunque deformato dal metamorfismo. Egli segnala anche la presenza di un altro anfibolo alcalino, aciculare e di origine successiva, di tipo crocidolitico.

Da molti caratteri paragenetici osservati al microscopio, dalla ben nota assenza di tipiche rocce alcaline sodiche nella provincia magmatica toscana e da altre considerazioni, l'Ardigò osserva molto acutamente che è ben difficile ammettere per questa sienite alcalina una origine per diretto consolidamento di un fuso magmatico di quella composizione. Egli propende più per una genesi metasomatica, anche se non meglio precisabile con i pochi dati a sua disposizione.

Poichè da anni mi occupo del magmatismo toscano, e la segnalazione dell'Ardigò presentava un indubbio interesse, ho creduto utile recarmi sul posto per cercar di chiarire il più possibile l'origine e la posizione stratigrafica di questa roccia. E' ben noto infatti che in Toscana si è sviluppato, dopo un vulcanismo tardo ercinico segnalato dalla presenza di affioramenti di porfiroidi e uno sporadico episodio di vulcanismo alcali-calceico di probabile età triassica (13), un vasto

ciclo magmatico di sicura età tardo-alpina che ha portato alla messa in posto di massicci intrusivi, di rocce filoniane e di grandi complessi effusivi anche questi di tipo alcali-calcico. Gli unici episodi di magmatismo a tendenza alcalina (alcuni filoni del Campigliese e di Gavorrano e le ben note « selagiti ») sono costituiti da differenziati di vario tipo, tutti però a nettissimo carattere potassico, e si possono pertanto avvicinare alla più vasta provincia alcalina potassica dell'Italia Centrale. Una sienite alcalina sodica di origine comunque magmatica mal si inquadrirebbe con tutto ciò che fin' ora è noto sul magmatismo toscano.

Dopo aver superato notevoli difficoltà per ritrovare l'affioramento, data la fitta vegetazione, e va segnalata a questo proposito la grande accuratezza del rilievo geologico dell'Ardigò, ho avuto la fortuna di imbartermi in un gran numero di tipi litologici sia in posto, sia erratici nella zona, che mi hanno permesso di chiarire molti dei problemi lasciati aperti dalle due note di detto Autore.

La prima osservazione riguarda la posizione stratigrafica dell'affioramento della « sienite alcalina ». A mio parere è indubbio che sopra a tale roccia affiora il calcare cavernoso triassico, ma la formazione sottostante non è costituita da argilloscisti filladici e filladi quarzifere, bensì da calcescisti e filladi calcarifere, spesso decalcificate all'affioramento. Molti frammenti di tipici scisti triassici ed anche di anageniti si trovano però sul detrito di versante, dando così l'impressione che il tutto costituisca una grossa breccia tettonica analoga a quella ben nota del versante settentrionale del vicino M. Argentario (8). Vedremo in seguito come si riscontrino altre analogie con il M. Argentario.

Elenco qui e descrivo brevemente i campioni di roccia da me raccolti sia in posto, sia erratici nei prossimi dintorni. Rocce in posto:

1) Milonite gabbrica prasinitizzata. Forma uno spuntone di roccia a pochi metri dall'affioramento della supposta « sienite alcalina ». Questa roccia è costituita da frammenti irregolari di diallagio e di grossi individui di albite, zeppa di minuti inclusi zoisitici, immersi in una pasta di albite neogenica, clorite e scarso epidoto. I pochi anfiboli presenti sono in genere costituiti da orneblenda bruna o verdognola con bordo di glaucofane o di crossite. Descriverò più dettagliatamente in seguito questo particolare anfibolo alcalino, tipico di rocce metamorfiche, parlando della « sienite sodica ». Relativamente abbondanti titanite, ilmenite, leucoxeno e ematite.

2) Miloniti costituite da albite, quarzo e carbonati. Predomina tra questi l'ankerite e talvolta la siderite. Spesso abbondante l'oligisto.

Tra le rocce erratiche ho trovato:

3) Milonite gabbrica prasinitizzata analoga al n° 1, ma con anfibolo di tipo tremolitico e con molta calcite.

4) Prasinite a struttura lepidoblastica successivamente cataclastata. E' costituita da albite, clorite, poco epidoto e abbondante anfibolo di tipo orneblenda verde con orlo di glaucofane o di crossite. Abbondante l'apatite e l'ilmenite, scarso lo stilpnomelano.

5) Prasinite a struttura granoblastica un poco cataclastica. Costituita da albite, epidoto, titanite e orneblenda con orlo crossitico. Scarsa la clorite.

6) Roccia a quarzo e pistacite con poca albite, poca crossite ed una clorite ferrifera molto pleocroica. Anche questa roccia è cataclastica.

7) Prasinite milonitica. Costituita da frammenti irregolari di diallagio (alcuni di grandi dimensioni) albite, epidoto, clorite e calcite. Lo scarso anfibolo è di tipo actinolitico.

8) Prasinite cloritica. Costituita da albite, clorite, scarsi frammenti di diallagio, poco epidoto e poca calcite. L'anfibolo, anche questo poco abbondante, è costituito da nuclei di orneblenda bruna con grandi orli di glaucofane. La roccia è attraversata da vene di quarzo e glaucofane. Accessori abbondanti sono titanite e leucoxeno.

Ho descritto qui brevemente alcuni dei campioni che si trovano con una certa frequenza nella zona; questi, anche se in maggioranza raccolti non in posto, date le già descritte condizioni di affioramento, offrono il quadro ben preciso di una zona di rocce verdi metamorfiche. Descriverò ora qui di seguito la roccia dell'affioramento principale, ossia la « sienite sodica ». Anche in questo caso ho avuto la fortuna di trovare campioni assai più freschi di quelli di cui si è servito l'Ardigò. A questa caratteristica va tutto il merito delle più precise determinazioni. Chiamerò « crossitite albitica » questa roccia metamorfica, in quanto con tale nome sono state indicate rocce del tutto uguali assai frequenti nella falda degli « scistes lustrés » in Corsica e, anche in tale zona, sempre associate a rocce verdi metamorfiche. Rimando a questo proposito al recente lavoro di H. A. Brouver e C. G. Egeler (6).

Crossitite albitica. Roccia costituita da albite prevalente e da un anfibolo azzurro, a struttura cataclastica che lascia spesso intravedere una originaria struttura ipidiomorfa con evidente inversione dell'ordine di cristallizzazione, ossia con l'anfibolo allotrimorfo. Le porzioni ricristallizzate sono formate da albite e poco quarzo granoblastici e dal medesimo anfibolo, che però in questo caso si sviluppa in idioblasti prismatici allungati. Il plagioclasio è un termine albitico quasi puro assai caratteristico, sia per la fittissima geminazione albite, sia per la frequenza di geminati complessi secondo leggi poco rappresentate in natura, quali l'Albite-Manebach, l'Albite-Ala A ed altri. Ricordo qui che geminati simili, ad anche assai più complessi, sono stati descritti per rocce ad albite del Monte Orello (Isola d'Elba) da P. Aloisi (1) e recentemente da G. Gottardi (11) e per una roccia albitica di Sasso di Castro (passo della Futa) da S. Bonatti (5). Entrambe queste rocce si trovano associate alla formazione ofiolitica.

L'anfibolo azzurro, di un unico tipo, presenta la particolare orientazione ottica: $Z = b$, $\widehat{Yc} = 5^\circ - 6^\circ$ e quindi PAO pressochè normale all'allungamento. Naturalmente il segno dell'allungamento è variabile, ma dato che i valori degli indici β e γ sono spesso vicini ($2V_a$ molto variabile da 60° a 90°), la probabilità di trovare cristalli positivi sull'allungamento è maggiore che non quella di trovarli negativi. Peraltro, a causa della forte dispersione, della birifrazione bassa e dell'intensa colorazione, non è facile accertare il segno dell'allungamento, particolarmente nel caso che sul piatto del microscopio si abbiano sezioni vicine al piano X—Y. Lo schema di assorbimento è infatti il seguente:

X = giallo
 Y = azzurro intenso
 Z = violaceo

e le sezioni allungate con pleocroismo dal giallo all'azzurro mostrano al compensatore una specie di « falso compenso » dovuto all'interazione tra colore proprio e colore d'interferenza, favorito dalla forte dispersione degli indici. D'accordo con A. Myashiro (16), che ha eseguito recentemente un lavoro di revisione sulle caratteristiche chimiche ed ottiche e sulla nomenclatura degli anfiboli alcalini, ritengo che questi anfiboli « normal simmetrici » siano assai frequenti nelle rocce meta-

morfeiche e siano stati spesso scambiati con altri anfiboli alealini causa le difficoltà inerenti ad una loro esatta determinazione.

Le proprietà ottiche descritte appartengono alla crossite, termine intermedio della serie « glaucofane-riebeckite » ma ancora abbastanza alluminifero dato il $2V_a$ piuttosto grande. La crossite è un anfibolo esclusivo di rocce metamorfiche (16).

L'osservazione microscopica mostra con evidenza che la crossite sostituisce in parte un altro anfibolo in una primitiva struttura ipidioromorfa, ed in questo caso il minerale è parzialmente torbido e deformato meccanicamente, in parte è neogenica, più aciculare, in idoblasti limpidi. La crossite epigenetica ha proprietà ottiche e colori di pleocroismo leggermente variabili da individuo a individuo ed anche all'interno dello stesso cristallo, ma senza mai uscire dagli schemi delle tipiche crossiti.

Nei campioni meno freschi la crossite è alterata in idrossidi di ferro e in una scarsa clorite incolore con birifrazione bassissima.

Oltre all'albite ed alla crossite, la roccia in esame contiene poco quarzo, scarsissimi cristallotti di zoisite inclusi nell'albite, magnetite, ilmenite, ematite e titanite relativamente abbondanti, zircone e poca apatite oltre a qualche plaga leucoxenica. La roccia poi contiene sporadiche chiazze di colore più scuro che al microscopio risultano composte di crossite prevalente in cristalli assai minuti, poca albite e, oltre agli accessori già citati per la massa principale della roccia, alcune venette di brucite.

L'analisi volumetrica al tavolino integratore eseguita su tre sezioni sottili della roccia a grana normale (escluse quindi le sporadiche concentrazioni di crossite), ha dato i seguenti risultati:

Albite	77.6%	Magn., Ilm., Ematite	6.5%
Crossite	11.4%	Titanite	0.5%
Quarzo	3.8%	Zircone, Apatite	0.2%

L'analisi chimica, eseguita dal dott. R. Mazzuoli, che vivamente ringrazio, ha dato i risultati riportati nella colonna I. Nella colonna II è riportata, per confronto, l'analisi di una crossite albitica di Bocca Serna (Corsica) ripresa dal già citato lavoro di H. A. Brouver e C. G. Egeler (6). La formula magmatica secondo Niggli eseguita su entrambe

le rocce e le « norme molecolari » calcolate sulla roccia del Poggio di Moscona completano il quadro analitico:

	I ^s	II ^o		I ^o	II ^o
SiO ₂	62.20	63.57			
TiO ₂	1.26	0.70			
P ₂ O ₅	0.05	0.17			
Al ₂ O ₃	16.63	16.16	si	228	231
Fe ₂ O ₃	3.33	3.71	al	35.9	34.6
FeO	3.64	2.66	fm	25.8	27.0
MnO	tr.	0.08	c	3.4	4.4
MgO	1.03	1.58	alk	34.9	34.0
CaO	0.88	1.10	k	0.01	0.01
Na ₂ O	9.76	9.55	mg	0.23	0.32
K ₂ O	0.13	0.15			
H ₂ O+	1.42	0.84			
H ₂ O-	0.10	0.10			
	100.43	100.37			

Molecole basi		Norma di epizona		Variante Glph	
Kp	0.5	Or	0.8	Or	0.8
Ne	51.6	Ab	86.0	Ab	77.2
Sp	0.7	At	1.1	At	1.1
Fo	1.8	Ant	1.7	Glph	13.2
Fa	2.4	Fe-Ant	2.7	Tit	2.6
Tit	2.6	Tit	2.6	Mt	3.5
Mt	3.5	Mt	3.5	Q	1.6
Q	36.9	Q	1.6		

La somiglianza della crossitite albitica del Poggio di Moscona con quella della Corsica è notevolissima. Da notare nella norma molecolare la mancanza della molecola anortitica dovuta al fatto che ho utilizzato tutto il poco calcio presente per formare titanite. Ciò evidentemente non corrisponde alla realtà, poichè il titanio nella crossitite si trova anche sotto forma di leucoxeno e ilmenite e certamente in parte è anche contenuto nell'anfibolo. Considerato però che una parte del calcio è nella zoisite, risulta evidente che il plagioclasio è costituito da albite

pressochè pura. Da notare inoltre che una leggera alterazione superficiale, d'altronde ben visibile al microscopio, ha certamente impoverito di sodio la crossite albitica. Nell'anfibolo azzurro è infatti certamente contenuto del sodio legato alla molecola riebeckitica, ossia ad un termine sodico ferrifero e non alluminifero, mentre questo non risulta dalla norma.

Associandomi alle conclusioni di H. A. Brouves e C. G. Egeler (6), ritengo che la crossite albitica del Poggio di Moscona si sia originata per azione di metamorfismo di epizona accompagnato da un debole effetto di metasomatismo sodico su di un differenziato leucocrato delle rocce gabbriche della formazione ofiolitica. Esporrò ora qui di seguito le ragioni, a mio avviso assai probative, che mi hanno portato a sostenere questa ipotesi.

La prima notizia attendibile di differenziati acidi di gabbri della formazione ofiolitica in Toscana è dovuta ad A. Corsi (7), il quale descrive i numerosi e grossi cristalli di zirconio ritrovati in un filoncello costituito da plagioclasio albitico ed orneblenda che si trova nella massa gabbrica di Monte Ferrato, nei pressi di Prato. Poichè la descrizione di detto Autore è assai incompleta, mi sono recato sul posto ed ho così potuto raccogliere campioni sia di filoncelli, sia di concentrazioni chiare nella massa gabbrica. Si tratta di rocce a struttura granulare ipidiomorfa, costituite da albite prevalente, orneblenda, abbondante titanite, con accessori apatite e zirconio. Caratteristica notevole è la presenza nell'albite di geminati complessi in genere assai poco frequenti in natura.

Successivamente veniva studiata e analizzata da P. Aloisi (1) una roccia simile a quella di Monte Ferrato, ma più acida. Questa roccia proviene da Monte Orello, nell'Elba centrale e, ristudiata recentemente da G. Gottardi (11), presenta, oltre alle caratteristiche leggi di geminazione complesse dell'albite, una tipica inversione nell'ordine di cristallizzazione tra plagioclasio e orneblenda. Caratteristica è la presenza di abbondante zirconio, ed anche questo carattere la avvicina molto a quella di Monte Ferrato. Anche la roccia di Monte Orello è associata a rocce della formazione ofiolitica, ma lo stato di dislocazione di questa formazione nella zona impedisce di osservare i rapporti di giacitura originari tra i vari tipi litologici.

Altra roccia molto simile alle precedenti, e come queste associata alla formazione ofiolitica, è stata descritta da S. Bonatti (5). La roccia affiora a Sasso di Castro, presso il Passo della Futa, sull' Appennino Tosco-Emiliano, è un poco laminata e presenta oltre alla originaria orneblenda allotriomorfa rispetto al plagioclasio albitico, anche aciculi di neo-formazione di un anfibolo azzurro che il suddetto Autore non ha potuto determinare con precisione. Anche la roccia di Sasso di Castro presenta geminazioni complesse dell'albite ed è ricca di zircone. I rapporti di giacitura con le rocce verdi sono di natura tettonica.

Una grande massa di differenziato acido derivante dai gabbri della formazione ofiolitica è stata descritta da M. Anelli e G. Carobbi (2) nell'alta Val di Taro (Parma). Si tratta di masse alterate in cui il probabile originario anfibolo è ora completamente trasformato in clorite, mentre l'albite conserva una notevole freschezza. I suddetti Autori sono stati i primi a sostenere, dopo accurati studi, una genesi di tali tipi di rocce da differenziati acidi di un magma gabbriico. Questa ipotesi è stata in seguito accettata da R. Pieruccini (17) che ha studiato filoncelli di analoga composizione trovati nella massa gabbriica di Poggio Caprona sui Monti Livornesi.

Pur essendomi attenuto in questa breve rassegna agli affioramenti della Toscana o di zone assai prossime descritti nella letteratura, mi pare non si possano aver dubbi che anche nelle zone in cui i diretti rapporti di giacitura non sono osservabili sul terreno, le masse o i filoncelli di rocce ad albite ed anfiboli derivino da differenziati acidi residui del magma gabbriico della formazione ofiolitica.

Nella tabella seguente vengono riportate le analisi delle rocce fino ad ora descritte, oltre a quelle delle crossititi albitiche di Poggio di Moscona e di Bocca Serna in Corsica. Al n. 7 poi ho riportato l'analisi tratta dal più volte citato lavoro di H. A. Brouver e C. G. Egeler (6) di un differenziato più acido che si ritrova in ammassi e filoncelli nella crossitite albitica della zona di Vezzani in Corsica. Questi differenziati sono costituiti da albite, crossite e quarzo, ma talvolta il nucleo dell'anfibolo azzurro è ancora costituito dalla originaria orneblenda non del tutto trasformata dall'azione metasomatica. Ho riportato questa analisi per mostrare la quasi perfetta identità con quella del differenziato del M.te Orello analizzato da P. Aloisi (1).

Dalla tabella ordinata per tenori crescenti di silice, si possono osservare le caratteristiche comuni a questi tipi di differenziati, ossia scarsità di calcio e ancor più di potassio e l'alto tenore in ferro.

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	62.20	63.57	65.48	66.52	67.40	67.70	74.19	74.86
TiO ₂	1.26	0.70	0.21	0.20	0.30	0.11	0.28	n.d.
P ₂ O ₅	0.05	0.17	0.13	0.02	0.23	tr.	0.03	n.d.
Al ₂ O ₃	16.63	16.16	15.66	19.68	15.37	19.65	13.99	13.89
Fe ₂ O ₃	3.33	3.71	2.75	0.74	1.16	0.40	0.81	1.95
FeO	3.64	2.66	0.39	tr.	1.20	ass.	0.92	
MnO	tr.	0.08	0.01	tr.	n.d.	tr.	0.03	n.d.
MgO	1.03	1.58	1.57	0.64	1.02	0.13	0.94	0.35
CaO	0.88	1.10	0.93	0.96	1.07	0.34	0.68	0.64
Na ₂ O	9.76	9.55	10.88	11.33	10.43	10.84	7.32	6.19
K ₂ O	0.13	0.15	1.42	0.32	0.61	0.59	0.08	0.23
H ₂ O+	1.42	0.84	1.22	0.20	1.42	0.12	0.64	1.16
H ₂ O-	0.10	0.10	0.29	0.11	0.20	0.07	0.07	
	100.43	100.37	100.96	100.72	100.41	99.95	100.00	99.27

1 - Poggio Moscona (Grosseto)

2 - Bocca Serna (Corsica) (6)

3 - Val di Taro (Parma) (1)

4 - Poggio Caprona (Livorno) (14)

5 - Sasso di Castro (Passo della Futa) (5)

6 - Val di Taro (Parma) (2)

7 - Zona di Vezzani (Corsica) (6)

8 - M.te Orello (Isola d'Elba) (1)

Se teniamo conto delle analogie di costituzione chimica, della presenza di rari geminati complessi nell'albite, dell'inversione dell'ordine di cristallizzazione tra plagioclasio e anfibolo, della presenza dello zirconio come accessorio e dell'associazione con rocce gabbriche, ritengo che si hanno elementi più che sufficienti per stabilire che la crossite albitica del Poggio di Moscona era in origine un differenziato acido del magma gabbrico della formazione ofiolitica.

Per quel che riguarda le azioni metamorfiche con metasomatismo che hanno trasformato l'originaria roccia a albite ed orneblenda in una crossite albitica, va tenuto presente che una ricerca approfondita

richiederebbe lo studio in dettaglio delle altre rocce verdi metamorfiche affioranti nella zona e dei calcescisti associati.

Da osservare solo che la genesi per metamorfismo di prasiniti di vario tipo con neo-formazione di albite, cloriti, epidoti, calcite ed anfiboli anche alcalini, quale il glaucofane, non richiederebbe alcun apporto metasomatico, dato che il glaucofane può essere considerato come la combinazione di molecole albitiche con molecole antigoritiche o ferro-antigoritiche. Diversa è la situazione quando nelle rocce metamorfiche si formano anfiboli di tipo crossitico. In questi anfiboli infatti, oltre alle molecole di glaucofane, sono presenti anche molecole riebeckitiche, cioè con sodio non legato ad una uguale quantità di alluminio. Ammesso che in origine le crossititi albitiche fossero dei differenziati di un magma gabbriico, mi par difficile ammettere che le molecole riebeckitiche possano essere anche in parte originarie del differenziato. Va tenuto infatti presente che nel gabbro il pirosseno è alluminifero ed è molto improbabile che un metallo alcalino si leghi a molecole di silicati ferriferi in presenza di molecole di alluminio non legate agli alcali.

D'altra parte la presenza di anfiboli azzurri non di tipo glaucofane è ben nota in Toscana ovunque si trovino rocce verdi con un certo grado di metamorfismo. In particolare tali anfiboli sono stati segnalati da S. Franchi (9) per le isole del Giglio, Gorgona e per l'Argentario, e, più in dettaglio, da F. Millosevich (15) per quelle dell'isola del Giglio, da E. Manasse (12) per l'isola di Gorgona e recentemente da G. Gottardi (10) per quelle del Monte Argentario. Date le già ampiamente esposte difficoltà di determinazione degli anfiboli alcalini, i detti Autori hanno chiamato con vari nomi gli anfiboli ritrovati, ma io ritengo che, nella maggior parte dei casi, si tratti di termini crossitici. Per quel che riguarda la Gorgona la presenza di crossite è stata dimostrata da F. Mazzoncini in una tesi di laurea (14). Da notare che la crossite non si ritrova solo nelle rocce verdi metamorfiche, ma anche nelle metamorfiti derivate da rocce sedimentarie che si trovano ad immediato contatto con le rocce verdi (10), (14), e che hanno quindi subito un uguale grado di metamorfismo di epizona.

A mio parere quindi non vi è dubbio che si debba ammettere un fenomeno di metasomatismo sodico localizzato, contemporaneo al manifestarsi delle azioni metamorfiche sulle rocce verdi. Più difficile è spiegare da quali composti e da quali reazioni tali soluzioni abbiano

origine. Qui entro in un campo di pure ipotesi, non avendo a mia disposizione nè dati sperimentali nè essendovi, a mia conoscenza, lavori persuasivi al riguardo. Tralasciando di prendere in considerazione le rocce peridotitiche serpentinizzate, che sono praticamente prive di elementi alcalini, è logico che vi sia circolazione di soluzioni sodiche in equilibrio con la fase stabile albite nei diabasi, sia massicci che in pillow lavas, e nei gabbri. In particolare saranno ricchi di soluzioni sodiche circolanti i diabasi che hanno subito il vistoso fenomeno della spilitizzazione (18), (19), ossia che sono costituiti da un plagioclasio albitico e da clorite.

Rimane da esaminare il problema delle trasformazioni delle ialoclastiti, ossia della fase vetrosa che è sempre abbondantemente presente nelle eruzioni sottomarine (18) come quelle che hanno dato origine alle formazioni ofiolitiche. Sarebbe per lo meno prematuro cercare di stabilire l'esatto susseguirsi delle reazioni avvenute in un primo tempo tra i vetri ialoclastitici di composizione basaltica e l'acqua del mare e successivamente delle reazioni e dei nuovi equilibri in ambiente dapprima diagenetico ed infine metamorfico di epizona. Recenti studi del Department of Sciences dell'Università di California descrivono estese zeolitizzazioni dei vetri vulcanici sottomarini, con conseguente arricchimento in elementi alcalini. Anche dalle ialoclastiti quindi, e forse con maggiore facilità che non dalle rocce gabbriiche e diabasiche olocristalline, si possono formare in ambiente metamorfico soluzioni ricche di sodio.

E' chiaro che tali soluzioni alcaline, oltre al sodio in equilibrio con la fase stabile albite, conterranno calcio, ferro, magnesio, in equilibrio con le rispettive fasi solide stabili in quell'ambiente, oltre naturalmente a silice e alluminio. In particolare la grande abbondanza di ferro nelle soluzioni circolanti è dimostrata dalle numerose vene a siderite ed ematite che si trovano nella crossitite albitica del Poggio di Moscona.

Queste soluzioni agiranno sui minerali di genesi magmatica non più stabili nel nuovo ambiente, anche nel caso che essi possano mettersi in equilibrio con le concentrazioni degli ioni in soluzione senza modificazioni discontinue della loro struttura. Si potranno pertanto avere le parziali o totali sostituzioni di calcio con sodio nell'orneblenda e, nel caso di forte concentrazione degli ioni ferrosi e ferrici nelle soluzioni, anche la sostituzione parziale del magnesio con il ferro bivalente e del-

l'alluminio con il ferro trivalente. Si formeranno in tal modo gli orli di glaucofane e di crossite nelle orneblende delle prasiniti anfiboliche da me sommariamente descritte e la totale trasformazione in crossite dell'originaria orneblenda nel differenziato acido del gabbro. Questo fenomeno è stato probabilmente facilitato dalla carenza iniziale in calcio della roccia e quindi nelle soluzioni circolanti. Anche il basso contenuto in alluminio nell'orneblenda può aver contribuito a che il compenso di valenza per la sostituzione calcio-sodio si realizzasse con l'introduzione del ferro, sicuramente abbondante nelle soluzioni, piuttosto che con l'alluminio.

Lungi dal ritenere risolti questi complessi problemi, credo però di aver fornito una ipotesi accettabile e non in contrasto con i fatti accertati riguardo alla genesi della crossite albitica del Poggio di Moscona.

Dal punto di vista geologico, il ritrovamento in Toscana di rocce verdi metamorfiche associate a calcescisti sottostanti come giacitura a calcari cavernosi o dolomitici triassici è tutt'altro che infrequente. Basta ricordare il Monte Argentario, il Promontorio del Franco all'isola del Giglio, la parte orientale dell'isola d'Elba, la zona di Bergiola Foscalina nelle Alpi Apuane e la zona di Punta Bianca, che chiude a sud il Golfo di La Spezia. Riguardo a tutti questi affioramenti esiste una ampia bibliografia sia geologica che petrografica che non cito per brevità, e che del resto è ben nota a tutti gli studiosi di geologia della Toscana. Il piccolo affioramento quindi di calcescisti con prasiniti e crossiti albitiche del Poggio di Moscona individuato da G. Ardigò (4) si inquadra assai bene in uno schema geologico già noto per altre zone della Toscana.

La variabilità di tipi litologici esistenti in una zona così ristretta fanno supporre che il fenomeno di scorrimento che ha condotto la serie mesozoica toscana a ricoprire le rocce ofiolitiche sia avvenuto con un carico non eccessivo, formando così una specie di colossale breccia laminata. Un fenomeno simile è stato descritto da tempo (8) per il Monte Argentario. La formazione di questa breccia avrebbe favorito la circolazione delle soluzioni e quindi quei fenomeni di metasomatismo sodico che, seppure ben noti anche in altre zone della Toscana in analoghe formazioni, assumono nella zona di Poggio Moscona particolare rilievo.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ALOISI P., *Ricerche sulla geminazione del plagioclasio albite di una aplite del M. Orello (Elba), ecc.* Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Vol. XXXIII, pag. 148. 1921.
- (2) ANELLI M., CAROBBI G., *Sulle concentrazioni albitiche dell'Alta Val di Taro (Parma)*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. LXI, pag. 273. 1942.
- (3) ARDIGÒ G., *Osservazioni preliminari sulla stratigrafia della zona ad Est di Bagno Roselle (Grosseto)*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. LXXX, fasc. 3, pag. 239. 1961.
- (4) ARDIGÒ G., *Affioramento di alcali-sienite scoperto nella bassa Toscana (dintorni di Grosseto)*. Rend. Soc. Mineralog. It., anno XIX, pag. 3. 1963.
- (5) BONATTI S., *La roccia granitoide di Sasso di Castro (Passo della Futa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Vol. XLVII, pag. 100. 1938.
- (6) BROUVER H. A., EGELER C. G., *The glaucophane facies metamorphism in the scistes lustrés nappes of Corsica*. Verhand. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Vol. XLVIII, N° 3. 1952.
- (7) CORSI A., *Note di Mineralogia italiana. Sopra lo zircono della Toscana*. Boll. Com. Geol. It., Vol. II, pag. 125. 1881.
- (8) DESSAU G., MERLA G., SCARSELLA F., SIGNORINI R., TREVISAN L., *Appunti geologici sul Grossetano tra l'Argentario e il Monte Canino*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. LXIX, pag. 69. 1950.
- (9) FRANCHI S., *Prasiniti e anfiboliti sodiche provenienti dalla metamorfosi di rocce diabasiche presso Pegli, nelle isole Giglio e Gorgona ed al Capo Argentario*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. XV, fase. II, pag. 169. 1896.
- (10) GOTTARDI G., *Su alcune rocce metamorfiche del Monte Argentario*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Vol. LXIV, pag. 88. 1957.
- (11) GOTTARDI G., *Studio cristallografico di rare e complesse geminazioni nell'albite di una roccia elbana*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Vol. LXIX, pag. 17. 1962.
- (12) MANASSE E., *Le rocce della Gorgona*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Vol. XX, pag. 19. 1904.
- (13) MARINELLI G., *Le rocce porfiriche dell'isola d'Elba*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Vol. LXII, pag. 269. 1955.
- (14) MAZZONCINI F., *Rilevamento geologico e petrografico dell'isola di Gorgona*. Tesi di Laurea in Scienze Geologiche. Pisa, 1959.
- (15) MILLOSEVICH F., *Studi litologici sull'isola del Giglio. I., Le rocce verdi*. Rend. Acc. Lincei, Vol. XXV, serie 5, fasc. 7, pag. 472. 1916.
- (16) MIYASHIRO A., *The chemistry, optics, and genesis of the alkali-amphiboles*. Journ. Fac. Sc. Univ. Tokio, sect. II., Vol. XI, pag. 57. 1957.
- (17) PIERUCCINI R., *Le rocce verdi di Poggio Caprona (Livorno)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Vol. LIV, pag. 268. 1947.
- (18) RITTMANN A., *Les volcans et leur activité*. Masson et Cie, Paris, 1963.
- (19) VUAGNAT M., *Sur quelques diabases suisses. Contribution à l'étude du problème des spilites et pillow lavas*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Band 26, pag. 116. 1946.