

BRUNO BURTET FABRIS (\*) e PAOLO OMENETTO (\*)

OSSERVAZIONI SUL GIACIMENTO FILONIANO A SOLFURI  
DI Zn, Pb E Cu DI FENICE CAPANNE  
PRESSO MASSA MARITTIMA  
(TOSCANA) (\*\*)

RIASSUNTO. — Vengono illustrate le caratteristiche delle mineralizzazioni filoniane a solfuri di Zn-Pb-Cu della zona mineraria di Fenice Capanne-Serrabottini, situata poco a sud della città di Massa Marittima in provincia di Grosseto (Toscana meridionale). I filoni, sviluppati per qualche Km con direzione variabile da NNO a N-S a NNE, sono localizzati entro una serie di faglie che hanno abbassato verso est un complesso costituito, dall'alto al basso, dalle formazioni delle argille scagliose (flysch alloctono), del calcare cavernoso e degli scisti filladici del Verrucano. I filoni principali (filone di Fenice Capanne, filoni di Serrabottini) sono circondati da un alone di alterazione che ha interessato soprattutto le argille scagliose, con imponenti fenomeni di silicizzazione e piritizzazione, e con la formazione locale di skarn e zone alunitizzate. E' stata individuata la presenza di uno *zoning* ben distinto, caratterizzato da:

1) una zona a mineralizzazione essenzialmente cuprifera (miniere di Poggio al Guardione, Fenice Massetana, Capanne Vecchie-Poggio Bindo nel filone di Fenice Capanne; filoni di Serrabottini). In questa zona, è possibile distinguere un probabile «centro caldo», rappresentato da skarn a hedenbergite manganesifera, salite, pistacite, quarzo, calcite, ove i minerali metallici risultano costituiti da una paragenesi ad ossidi prevalenti (ematite lamellare parzialmente sostituita da magnetite) e pirite, seguita da una associazione di geni più tardiva ove predomina la calcopirite (con inclusioni di mackinawite), associata a bismutinite e bismuto nativo, con minori quantità di arsenopirite, blenda, galena (localmente ricca di inclusioni di bournonite, tetraedrite e boulangerite), in ganga prevalentemente cloritico-quarzosa. Localmente i silicati degli skarn appaiono sostituiti pseudomorficamente da quarzo, calcite e clorite;

2) una zona a Zn-Pb con rame subordinato (attuale miniera attiva di Fenice Capanne, che sfrutta la parte meridionale del filone omonimo): questa zona segue, verso sud, la precedente e risulta tipica per gli ubiquitari fenomeni di silicizzazione e piritizzazione che hanno interessato le argille scagliose incassanti. La mineralizzazione, a carattere meso-epitermale, si caratterizza per la presenza di

---

(\*) Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Padova diretto dal Prof. B. ZANETTIN.

(\*\*) Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R.

blenda prevalente (presente in due varietà, granulare e fibroso-raggiata), accompagnata da galena, pirite, calcopirite, arsenopirite, e da minori quantità di tennantite, tetraedrite (bournonite), ematite, mushketovite, magnetite, bismutinite. Tracce di ilvaite sono diffuse in quarzo e pirite, talora in associazione con ematite. Pirite di tipo « colloforme » è stata osservata in piccole quantità. I minerali di ganga sono rappresentati essenzialmente da quarzo, calcedonio, carbonati, epidoto, clorite ferrifera, granato, mica bianca, fluorite in ordine decrescente di abbondanza.

Sulla base di considerazioni paragenetiche e geogiacimentologiche vengono discussi in via preliminare i possibili rapporti fra le mineralizzazioni a solfuri misti « tipo Fenice Capanne » ed altre mineralizzazioni a solfuri della Toscana meridionale.

ABSTRACT. — The Zn-Pb-Cu sulfide mineralizations outcropping in the Fenice Capanne-Serrabottini area near Massa Marittima, Grosseto province (Southern Tuscany) are described. The ore deposits consist of veins, mostly NNW going N-S and NNE, some Km long, situated at various tectonic contacts between the country rocks (represented by the « argille scagliose », « calcare cavernoso » and « Verrucano » formations). The principal veins are surrounded by an extensive wall-rock alteration (skarn, silicification, pyritization, alunitization). The mineralized area shows, in horizontal section, a distinct zoning, recognizable from north to south in:

1) a *cupriferous zone* (Poggio al Guardione, Fenice Massetana, Capanne Vecchie-Poggio Bindo old mines, in the Fenice Capanne vein; Serrabottini veins). In this zone it is possible to distinguish a probable « hot center » with skarn formation (Mn-hedenbergite, salite, pistacite, quartz, calcite) where the well-represented ore minerals are mostly lamellar hematite, pseudomorphically replaced by magnetite, pyrite, followed by abundant chalcopyrite (with inclusions of mackinawite), bismuthinite, native bismuth, and minor amounts of arsenopyrite, sphalerite, galena (locally with inclusions of bournonite, tetraedrite and boulangerite) in a dominantly quartzose-chloritic gangue. Locally, the skarn silicates appear to be replaced, under lower hydrothermal conditions, by a quartz-calcite-chlorite assemblage;

2) a *Zn-Pb with minor copper zone* (at present time exploited portion of the Fenice Capanne vein), following southwards the Cu-zone. The mineralization, related to the ubiquitous silicification and pyritization of the country rocks (« argille scagliose ») consists mainly of granular and fibrous sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite, with minor amounts of tennantite, tetraedrite (bournonite), hematite, mushketovite, magnetite, bismuthinite. Traces of ilvaite (sometimes associated with hematite) in quartz and pyrite are widespread. Locally, pyrite « clusters » have been observed. The gangue minerals are mostly granular quartz, chaledony, with traces of carbonates, epidote, chlorite, white mica, garnet, fluorite.

Based on paragenetic and metallogenic evidence, the possible relationships between the sulfide mineralizations of the « Fenice Capanne type » and other sulfide ores of Southern Tuscany are briefly discussed.

### Premessa.

Questo lavoro, che riguarda lo studio del giacimento a solfuri di zinco, piombo e rame di Fenice Capanne presso Massa Marittima (provincia di Grosseto), vuole essere un primo contributo all'analisi comparata delle mineralizzazioni a solfuri misti della Toscana marittima, oggetto di importanti lavori di coltivazione nel passato ma attualmente di interesse economico assai limitato. Le manifestazioni in questione sono numerosissime, ma ad un loro esame statistico pongono notevoli limitazioni, se non addirittura impedimento, lo stato di abbandono in cui giacciono gli originari lavori minerari, e la frequente difficoltà di reperire campioni di discarica che permettano almeno una indicazione di massima della situazione giacimentologica del sottosuolo. Fanno eccezione, naturalmente, le concentrazioni di solfuri misti nei noti giacimenti toscani di pirite (soprattutto Niccioleta e gruppo di Boccheggiano, ARISI ROTA e VIGHI, 1971) e le zone di coltivazione e ricerca recenti nel giacimento di Fenice Capanne, che sono state accuratamente campionate da uno di noi (P. OMENETTO) negli anni 1967 e 1968, e formano l'oggetto essenziale di questa nota. Alla stesura di quest'ultima hanno comunque contribuito, per quanto riguarda i lavori minerari attualmente inaccessibili, sia le relazioni del Servizio Minerario sia, e soprattutto, la monografia di B. LOTTI (1893) sulle mineralizzazioni dei dintorni di Massa Marittima, opera ancora sorprendentemente attuale per rigore scientifico e modernità di vedute.

Il lavoro è stato condotto con l'appoggio della Società MONTEDISON, che ci ha concesso infine il permesso di pubblicazione e che ringraziamo vivamente, soprattutto nella persona del Prof. Ing. Luciano VIGHI, al quale va il nostro più sentito riconoscimento per la lettura critica del manoscritto e per aver voluto personalmente e disinteressatamente, con la vastissima esperienza che dallo studio e dalla conoscenza delle mineralizzazioni della Toscana marittima gli deriva, contribuire alle conclusioni di questo lavoro, che non sarebbero altrimenti state possibili data l'area limitata che il lavoro stesso coinvolge. Al Prof. G. MARINELLI, per aver suggerito ed incoraggiato questo studio, ed alla Direzione locale della miniera di Fenice Capanne vada infine, da parte di uno di noi (P. O.), il più vivo ringraziamento.

### Inquadramento geologico.

L'area comprendente le mineralizzazioni studiate appartiene geologicamente ai Fogli 119 « Massa Marittima » (margine sud-orientale) e 127 « Piombino » (margine nord-orientale) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. La zona mineraria inizia 2 Km a sud della città di Massa Marittima, nella zona di Poggio al Guardione-Poggio ai Frati e si continua lungo una fascia di 4,5 Km, a direzione N-S, sino alla località La Pesta del Carpignone, poco a nord del Lago dell'Accesa.

Le formazioni affioranti, elencate secondo la denominazione più recente adottata dai redattori delle Note Illustrative dei Fogli Massa Marittima (BRANDI et al., 1968) e Piombino (BERTINI et al., 1969), sono, a partire dalle più antiche, le seguenti (fig. 1):

#### I) Serie toscana:

a) *scisti filladici e quarziferi (Verrucano)* (BRANDI et al., 1968); *scisti sericitici grigio-verdi con lenti e noduli di quarzo-Carnico* (BERTINI, in BERTINI et al., 1969): si tratta prevalentemente di scisti quarzoso-sericitici di colore grigio-verdastro, con scistosità parallela alla stratificazione, di cui è osservabile un affioramento di circa 2 Km in senso N-S poco a nord del lago dell'Accesa, in località Serrabottini (*micasisti grigi, lucenti, con noduli amigdalari di quarzo* di B. LOTTI, 1893). Gli scisti presentano direzione media N-S, ed immergono verso ovest al di sotto del calcare cavernoso, mentre ad est vengono a contatto tettonico con i sedimenti della serie flyschioide. Sia come posizione stratigrafica che dal punto di vista petrologico la formazione scistosa di Serrabottini corrisponde alla formazione filladica di Boccheggiano (SIGNORINI, 1962). Secondo TREVISAN (1955) gli scisti di Serrabottini sono petrograficamente analoghi a quelli segnalati da QUATTROCIOCHI (1951) nella miniera di Niccioleta. VIGHI (1966) ha fornito infine la descrizione completa e dettagliata della formazione filladica (Verrucano) nelle zone di Boccheggiano, Niccioleta e Fenice Capanne, ricostruita sulla base di numerosi sondaggi spinti per parecchie centinaia di metri di profondità. La formazione filladica presenta nelle predette tre zone spiccate analogie: potenza assai notevole e presenza, al di sotto di un tratto costituito esclusivamente da scisti filladici (rap-

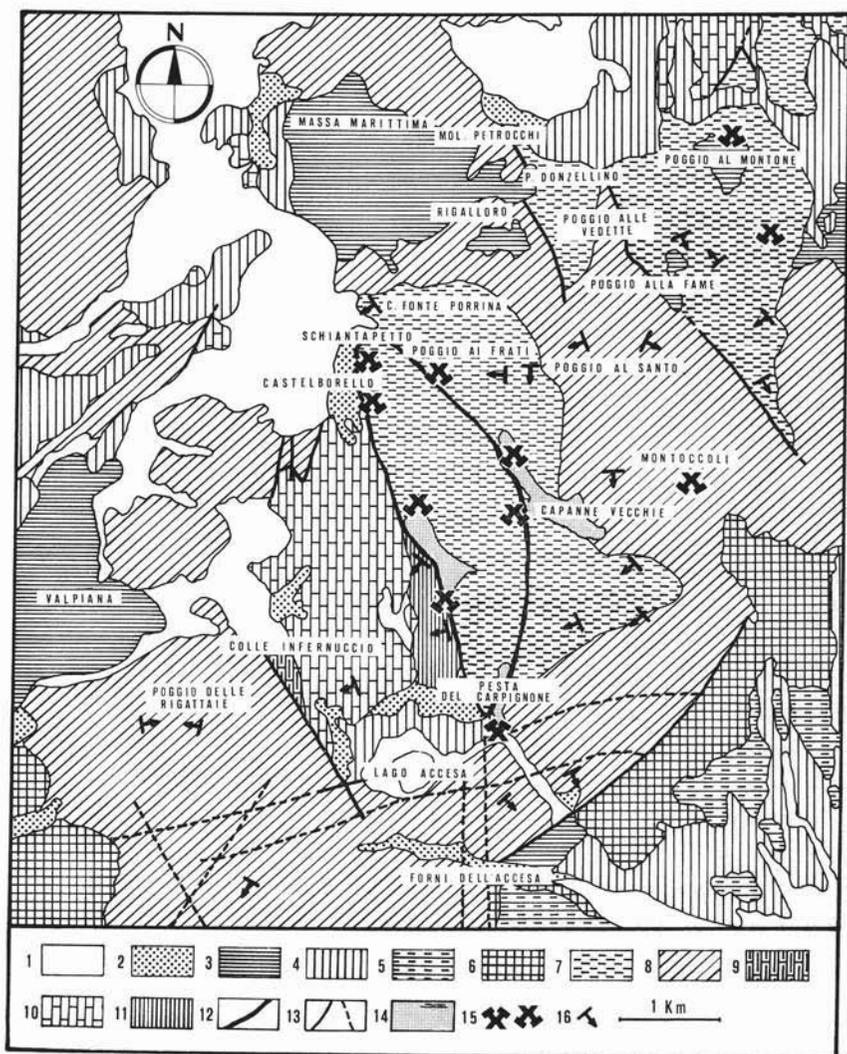


Fig. 1. — Cartina geologico-mineraria della zona di Fenice Capanne, disegnata sulla base del rilevamento geologico alla scala 1:100.000 dei Fogli 119 « Massa Marittima » e 127 « Piombino » (II<sup>e</sup> Edizioni). Legenda semplificata (per i dettagli vedi testo): *Quaternario-Pliocene*: 1 - Alluvioni recenti ed attuali; 2 - Coperture detritiche; 3 - Travertini antichi, recenti ed attuali; 4 - Alluvioni terrazate; 5 - Argille con livelli lignitiferi; *Miocene*: 6 - Conglomerati rossastri ad elementi flyschiodi; *Serie in facies di flysch*: 7-8 - Formazione delle « argille scagliose »; *Serie Toscana*: 9 - Strati ad *Avicula contorta* (Reticio, F. Piombino); 10 - Calcare cavernoso; 11 - Scisti filladici e quarziti (Verrucano); 12 - Filoni metalliferi di Fenice Capanne e Serrabottini; 13 - Faglie (a tratteggio interrotto: presunte); 14 - Discariche; 15 - Miniere attive ed abbandonate; 16 - Giaciture degli strati.

presentato da un minimo di 44 metri nella zona di Fenice Capanne) di alternanze di lenti anidritico-dolomitiche a spessore assai variabile (da qualche decina di centimetri a parecchie decine di metri);

b) *Breccia di Tocchi*: la probabile presenza di questa formazione, definita da SIGNORINI (1946), al passaggio fra l'orizzonte filladico ed il soprastante calcare cavernoso è stata riscontrata nella zona di Fenice Capanne in due sondaggi (n. 16 e 18, VIGHI 1966). Si tratta di una breccia costituita da frammenti scistosi o dolomitici, in un cemento carbonatico giallastro, derivante dalla trasformazione di alternanze anidrite-scisti filladici o anidrite-dolomie-scisti filladici ove dette alternanze sussistono nella zona di transizione fra scisti ed evaporiti;

c) *Calcari neri brecciati e calcari cavernosi* (BRANDI et al., 1968); *calcare cavernoso*: calcari e calcari dolomitici brecciati e vacuolari, « calcari a cellette » con tasche di « cenerone » (polvere grigia dovuta al disfacimento della parte più dolomitica) e lenti di gesso-Norico (BERTINI, in BERTINI et al., 1969): trattasi del ben noto « calcare a cellette » o calcare cavernoso, derivante dalla trasformazione di originarie evaporiti (VIGHI, 1958). Nella zona di Fenice Capanne questa formazione è rappresentata da dolomie vacuolari e calcari dolomitici raramente compatti, spesso brecciati e traversati da vene di calcite concrezionata gialla ed arrossata. Il calcare cavernoso affiora estesamente, sovrapposto alla formazione filladica, poco a nord del lago dell'Accesa: al Colle Infernuccio, ove la brecciatura appare meno intensa, sono osservabili tracce della stratificazione originaria (CENTAMORE, 1967);

d) *Strati ad Avicula contorta: dolomie, calcari dolomitici con piccoli Megalodon, marne ed argille nerastre-Retico* (BERTINI, in BERTINI et al., 1969): questa formazione affiora nell'area da noi studiata a NO del Lago dell'Accesa (presso il Poggio delle Rigattaie) ed è regolarmente sovrapposta al calcare cavernoso. In una cava (BERTINI, in BERTINI et al., 1969) è stato rinvenuto un esemplare di *Megalodon* sp. L'età di questa formazione, corrispondente ai « calcari neri e marne a *Rhaetavicula contorta* PORTLOCK », è attribuibile al Retico (TREVISAN, 1955).

II) *Serie in facies di flysch (complesso delle argille scagliose ofiolitifere)*:

e) *Serie dei « galestri e palombini »: argilloscisti silicei grigio bruni con sfaldature a lame sottili (« galestri » AA.) alternati a strati*

di calcari silicei grigio-bruni (« palombini » AA.) ed associati ad arenarie silicee brune, a calcari marnosi ed a calcareniti (CENTAMORE, in BERTINI et al., 1969); nel Foglio Massa Marittima (BRANDI et al., 1968) la formazione è stata suddivisa in due membri, inferiore (argille siltose fissili — « galestri » — con calcari silicei — « palombini » — con microfaune del Cretacico inferiore) e superiore (argille siltose con rare intercalazioni di calcari, calcareniti, marne ed arenarie, con microfaune riferibili al Cenomaniano-Turoniano inferiore): questa formazione, che per comodità chiameremo in seguito delle « argille scagliose », affiora estesamente nell'area di Fenice Capanne attorno al Lago dell'Accesa. Si tratta (CENTAMORE, 1967; CENTAMORE, in BERTINI et al., 1969) di una fitta serie di argilloscisti di colore variabile, fissili, alternati a placche e lenti di calcari silicei a grana fine, e minori quantità di arenarie quarzose, marne, brecciole calcaree e calcareniti. Le microfaune rinvenute sono per lo più cretacicche, ma non mancano associazioni riferibili all'Eocene (CENTAMORE, 1967).

### III) Depositi neogenici:

f) *Conglomerati lacustri ad elementi ofiolitici di colore rossastro, sporadici livelli di argille e marne con opercoli di Bithynia-Miocene superiore* (BRANDI et al., 1968); *conglomerati arrossati, formati da ciottoli derivati dai complessi flyschiodi; argille sabbiose con lenticelle di selce e con livelli lignitiferi* (CENTAMORE, in BERTINI et al., 1969): questa formazione affiora a NE dei Forni dell'Accesa, in contatto tettonico con il complesso delle argille scagliose;

g) *Argille e argille marnose, argille sabbiose e ciottolose con Pycnodonta, Cardium e con livelli lignitiferi* (CENTAMORE, in BERTINI et al., 1969), riferibili all'ingressione marina del Pliocene medio-inferiore. Affiorano nella parte sud-orientale della zona studiata;

h) *Travertini antichi, recenti ed attuali*: costituiscono parte del colle di Massa Marittima ed una placca ai Forni dell'Accesa a SSE della Pesta del Carpignone. Chiudono infine la serie stratigrafica locale i terreni quaternari (depositi alluvionali terrazzati, depositi alluvionali attuali e recenti, coperture detritiche).

Per quanto riguarda la tettonica dell'area considerata, non è certo negli scopi di questa breve nota entrare in merito all'esistenza o meno di una tettonica di ricoprimento dei terreni a facies « ligure » (argille

scagliose) sui terreni a facies toscana, sostenuta da alcuni (BRANDI et al., 1968) e messa in dubbio da altri (CENTAMORE, 1967; JACOBACCI, in BERTINI et al., 1969). La struttura locale (SIGNORINI, 1966) è a blocco monoclinale con immersione occidentale, come quella di Boccheggiano. Già il LOTTI (1893) aveva notato che la culminazione positiva degli scisti filladici di Serrabottini, cui si sovrappongono verso ovest, in regolare successione stratigrafica, il calcare cavernoso e gli strati ad *Avicula contorta*, viene troncata verso est dalla sovrapposizione diretta e discordante delle argille scagliose lungo una superficie di contatto tettonico a direzione NNO-SSE ed immersione orientale. Tale superficie di contatto è osservabile sia dove le argille scagliose si sovrappongono direttamente agli scisti filladici, sia nel tratto più settentrionale ove si sovrappongono al calcare cavernoso (faglia di Serrabottini, SIGNORINI 1966). Nella formazione delle argille scagliose che si estende ad oriente SIGNORINI (1966) segnala l'esistenza di altre due faglie inclinate ad est (faglia delle Capanne Vecchie e faglia di Montoccoli) che definiscono anche per la zona di Fenice Capanne una struttura a gradinata a pendenze contrarie (pendenze degli strati ad ovest e delle faglie ad est), tipica anche delle zone di Boccheggiano, Elba, Argentario, Capalbio e dovuta a dislocazioni recenti, di età terziaria o quaternaria. Questa affermazione di SIGNORINI non corrisponde a realtà per quanto riguarda la faglia di Montoccoli, che presenta immersione ad ovest ed è, rispetto alle altre, maggiormente raddrizzata, come è risultato da recenti lavori di ricerca colà eseguiti. In ogni modo, questo stile tettonico essenzialmente disgiuntivo e di età recente è comune anche ad altre zone mineralizzate della Maremma (Niccioleta, Boccheggiano, Gavorrano, Castel di Pietra).

### Il giacimento.

Il giacimento di Fenice Capanne può essere considerato come un insieme di faglie mineralizzate, localizzate principalmente entro le argille scagliose (filone di Fenice Capanne s.s.) oppure ai contatti scisti filladici-calcare cavernoso e scisti filladici-argille scagliose, ed in parte entro gli scisti filladici stessi (filoni di Serrabottini). Le prime notizie storiche riguardanti le miniere di Fenice-Serrabottini sono dovute agli ingegneri Haupt e Rovis, che indicarono nel numero di 300 gli scavi eseguiti dagli Etruschi al Serrabottini. L'importanza che anche in se-

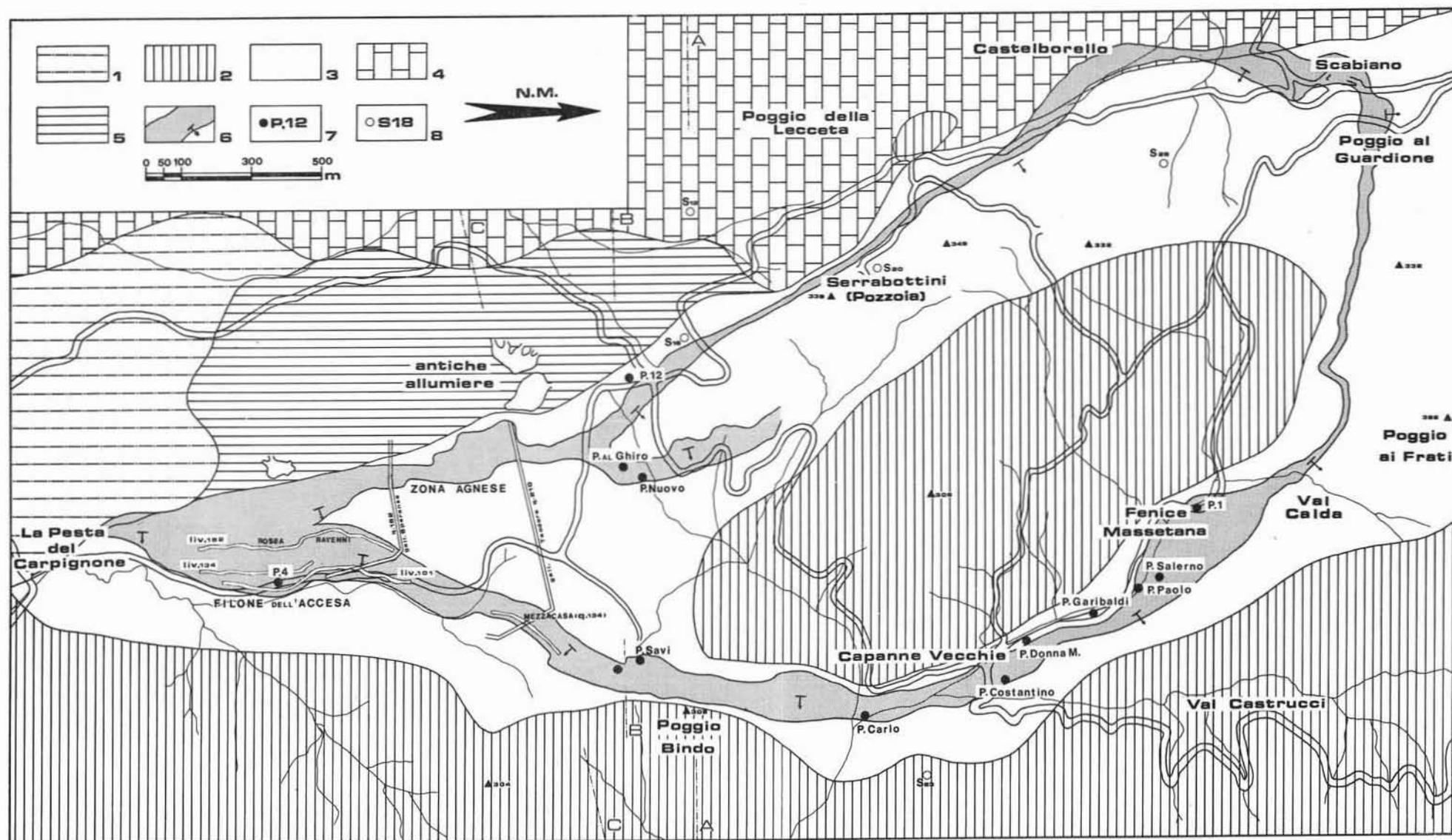


Fig. 2. — Carta geomineraria della zona filoniana di Fenice-Capanne-Serrabottini:  
 1 - Detriti quarzoso-ferruginosi; 2 - Argille scagliose; 3 - Argille scagliose silicizzate e silicizzate; 4 - Calcare cavernoso; 5 - Scisti filladici; 6 - Aree interessate dai lavori minerari, con indicazione delle giaciture filoniane; 7 - Pozzi principali di estrazione; 8 - Ubicazione dei sondaggi.

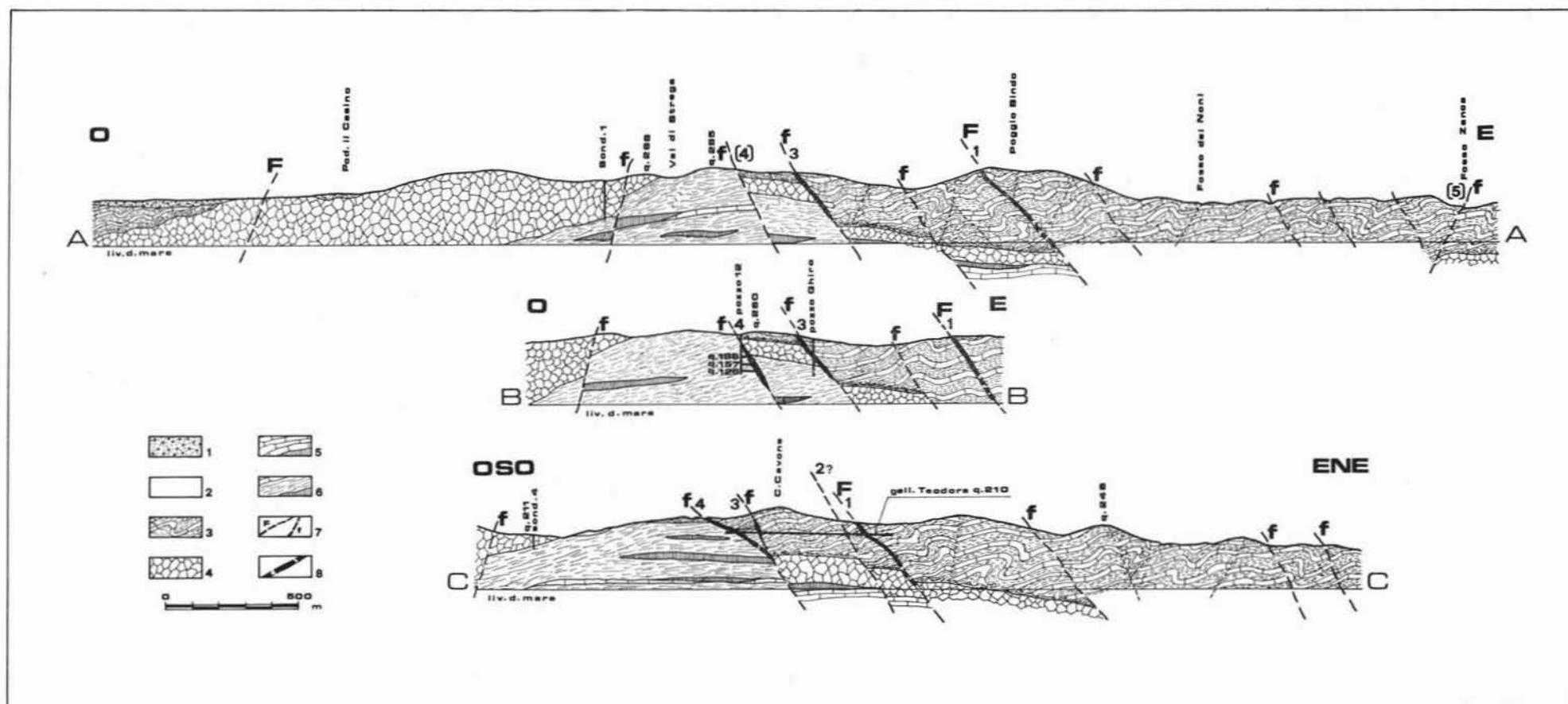


Fig. 3.

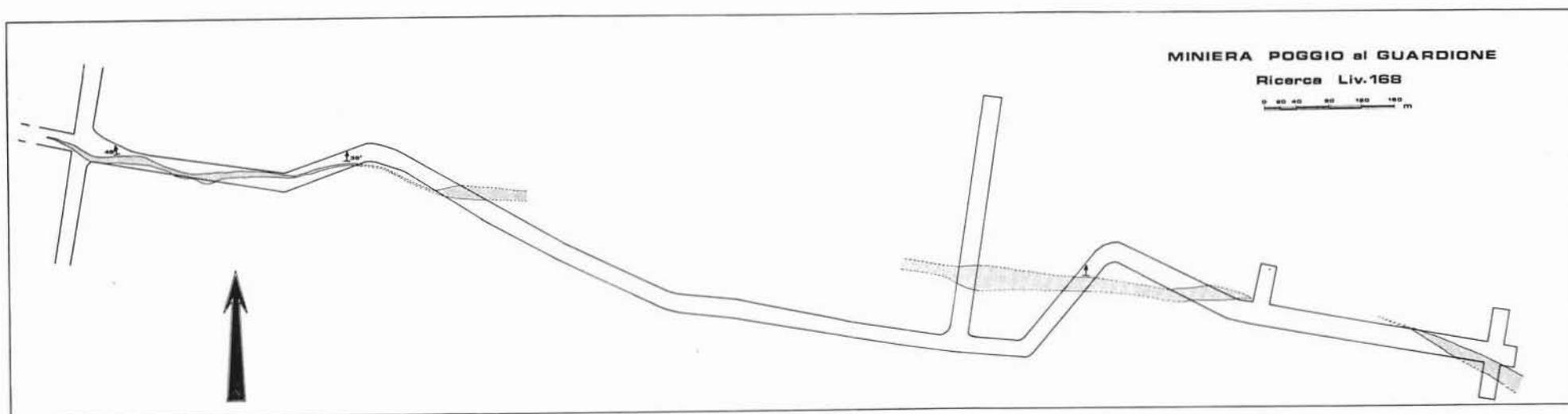


Fig. 4.

guito rivestirono le miniere di Massa risulta chiaramente dallo statuto minerario che la repubblica omonima ebbe nel Medio Evo, nell'anno 1325. A causa del diffondersi della peste e di altri avvenimenti più o meno catastrofici le miniere furono però abbandonate nel 1348 ed i lavori non vi furono ripresi che nel 1830, ad opera prima di L. Porte e successivamente degli ingegneri Haupt e Rovis. Nel 1846 si costituiva in Siena la Società Anonima delle Miniere di Rame delle Capanne Vecchie e del Poggio Bindo, che sfruttava il tratto omonimo del filone di Fenice Capanne; nel 1859 subentrava a tale Società la Società La Fenice Massetana, che già stava coltivando la zona di filone limitrofa verso nord. Era inoltre in attività la miniera dell'Accesa, aperta dalla Società Metallurgica Maremmana, che nel 1847 risultava diretta da un certo Haehner, e nel 1873 apparteneva già alla Società La Fenice Massetana. I lavori minerari al Serrabottini, sospesi nel 1859, vennero saltuariamente ripresi a partire dall'inizio del presente secolo, quando tutte le miniere della zona passarono progressivamente alla Società Montecatini, che attualmente mantiene in fase di coltivazione la miniera di Fenice Capanne (corrispondente all'antica miniera dell'Accesa).

#### Filone di Fenice Capanne.

Il filone di Fenice Capanne, incassato interamente entro le argille scagliose, è stato seguito in affioramento e con i lavori in sottosuolo per 4,5 Km, dalla Pesta del Carpignone alla zona circostante il Poggio ai Frati (fig. 2). Il filone, come vedremo in dettaglio, ha direzione variabile da NNE nella zona meridionale (Accesa) a N-S nella parte centrale (Capanne Vecchie-Poggio Bindo), ove devia poi progressivamente verso NO (Fenice Massetana) sino ad E-O (Poggio al Guardione). Per comodità di trattazione, illustreremo le caratteristiche geogiacimentologiche e minerografiche del corpo filoniano da nord verso sud, in corrispondenza alle zone di maggior arricchimento, sede di ricerca e di coltivazione nel passato ed in parte anche nel presente: Poggio al Guardione, Fenice Massetana-Capanne Vecchie-Poggio Bindo, Accesa.

*Poggio al Guardione*: le notizie rilevabili dalle relazioni del Servizio Minerario risalgono per questa miniera agli anni fra il 1901 ed il 1908, e sono piuttosto confuse ed imprecise. Sembra comunque che i

lavori minerari abbiano messo in luce la presenza di un filone appartenente al sistema di fratture a direzione N-S ed immersione orientale di Scabiano (filone di Serrabottini al contatto argille scagliose-calcare cavernoso), mineralizzato superiormente a calcopirite e minerali ossidati di Cu, Fe e Mn, ed inferiormente più ricco in quarzo e solfuri misti di Zn, Pb e Cu. Questo filone, o meglio la sua zona di alterazione entro le argille scagliose di tetto si confonde con l'estremità occidentale di un filone incassato nelle argille scagliose, con direzione E-O ed immersione a nord, a mineralizzazione prevalentemente cuprifera (filone di Poggio al Guardione), che fu coltivato negli anni 1905-1906 con l'estrazione di circa 35.000 tonnellate di minerale di rame a basso tenore. Una recente ricerca effettuata dalla Società Montecatini ha permesso di rilevare e campionare accuratamente il filone di Poggio al Guardione al livello 168 per circa un centinaio di metri (fig. 4).

Il corpo metallifero, a direzione media E-O ed immersione a settentrione, ha potenza variabile da pochi decimetri a 2,5 m, con frequenti restringimenti ed allargamenti che sono la caratteristica, come vedremo, di tutta la zona filoniana di Fenice Capanne-Serrabottini. Nel tratto più occidentale della ricerca il filone si mantiene sul metro di potenza ed è mineralizzato essenzialmente a pirite, in cristalli cubici di dimensioni variabili (massimo 1 cm), in ganga di quarzo con calcite e sericite del tutto subordinate. Nella massa quarzosa, a grana grossa e tessitura pavimentosa (fig. 10 d), sono ancora riconoscibili i contorni esagonali di cristallini di quarzo di genesi precoce, zonati e geminati, che appaiono conservati all'interno dei grossi cubi di pirite. Nella parte centrale della ricerca il filone mantiene una potenza media di 2 metri, ed è costituito da pirite in cristalli di dimensioni da milli-

---

Fig. 3. — Profili geologico-minerari trasversali lungo la zona filoniana di Fenice Capanne-Serrabottini (il tracciato è riportato in Fig. 2): 1 - Alluvioni recenti ed attuali; 2 - Travertino; 3 - Argille scagliose; 4 - Calcarea cavernoso; 5 - Calcari dolomitici con lenti di anidrite («roccia madre» del cavernoso); 6 - Scisti filladici con intercalazioni e lenti di dolomia ed anidrite; 7 - Faglie (F: principali e f: secondarie); 8 - Filoni mineralizzati a solfuri di Zn, Pb e Cu (1: filone di Fenice Capanne; 2: filoncello a solfuri misti nelle argille scagliose; 3-4: filoni di Serrabottini; 5: traccia del filone di Monteccoli; per i dettagli vedi testo).

Fig. 4. — Planimetria ed andamento del filone nella Ricerca Poggio al Guardione (liv. 168).

metriche a centimetriche, associata ad abbondante calcopirite con subordinate blenda e galena, che sembrano aumentare verso letto. La pirite presenta numerose inclusioni di ematite lamellare, spesso in via di trasformazione, per pseudomorfosi, in magnetite. Le lamelline ematitiche appaiono anche sostituite pseudomorficamente da quarzo, calcopirite e pirrotina. La calcopirite, di deposizione più tardiva rispetto alla pirite, non presenta caratteristiche ottiche particolari: localmente può includere plaghetta di tennantite. La blenda, talora in grosse plaghe, è di tipo marmatitico ed è spesso ricca di inclusioni di calcopirite: nella successione paragenetica, questo solfuro sembra antecedente a galena (anch'essa abbondante) e calcopirite. Sono state osservate infine tracce di arsenopirite e bismutinite: la presenza di questi ultimi minerali risulterà, in altre parti del giacimento di Fenice Capanne, ben più significativa. I minerali di ganga, oltre che dal quarzo assolutamente predominante, spesso sviluppato in meta cristalli entro i minerali metallici, sono rappresentati da calcite e da un carbonato di tipo sideritico, cloriti ferrifere e scarsa sericite. Fra i minerali di alterazione, abbiamo notato la presenza di rare covellina e digenite.

*Fenice Massetana-Capanne Vecchie-Poggio Bindo*: in questa parte del filone di Fenice Capanne si sono svolti i lavori più antichi. Attualmente i sotterranei sono pressochè inaccessibili: la ricostruzione dell'andamento del corpo minerario e della sua mineralizzazione è stata perciò effettuata sia attingendo ai dati accurati di B. LOTTI (1893) e alle relazioni del Servizio Minerario, sia sulla base di una campionatura, il più possibile statistica e quindi parageneticamente rappresentativa, delle discariche esistenti. Secondo quanto scrive il LOTTI, queste miniere sfruttavano gran parte di quella che questo Autore definisce la « massa filoniforme interstratificata delle Capanne Vecchie », affiorante entro le argille scagliose per circa 4 Km e costituita all'affioramento da « ... una massa di quarzo granulare, bianco o grigio, talora a struttura concrezionaria, in cui stanno disseminati più o meno uniformemente o stanno accumulati in plaghe irregolari la pirite e la calcopirite ». Il corpo filoniano ha direzione N-S nel tratto di Poggio Bindo, deviando poi progressivamente verso NNO (Capanne Vecchie, Fenice Massetana). L'immersione si mantiene costantemente ad est, con un'inclinazione media di 45°. In sottosuolo, il corpo metallifero presentava una potenza assai variabile, da un minimo di pochi centimetri ad un massimo di 20 metri, corrispondenti ai maggiori impove-

rimenti ed arricchimenti della frazione a solfuri entro la massa quarzosa (« strozzature » e « rigonfiamenti » di LOTTI, corrispondenti ad altrettanti « campi di escavazione »).

1) *Miniera della Fenice Massetana*: in questa miniera gli arricchimenti riscontrati con i lavori minerari furono progressivamente i seguenti, procedendo da nord verso sud:

a) *arricchimento di Val Calda*: il corpo metallifero presentava una potenza massima di 4 metri ed era costituito da calcopirite largamente predominante, la cui quantità aumentava in genere verso letto. La tessitura filoniana potremmo definirla tipicamente « a listato », in quanto risultava costituita da bande alterne di quarzo bianco e grigio, calcopirite e pirite. Le rocce incassanti a tetto del filone apparivano fortemente silicizzate e mineralizzate. Estensione dell'arricchimento di Val Calda: 70 m. Un'osservazione che vorremmo fare a questo punto riguarda il problema della prosecuzione verso nord del filone. Quest'ultimo, secondo quanto riporta il LOTTI, seguito a partire dal campo di Val Calda verso settentrione per 200 m, si riduceva a pochi centimetri e si perdeva negli strati quarzoso-piritosi, con tracce di minerali di rame, di letto e di tetto. Anche l'affioramento, che può essere seguito sino a mezza costa del Poggio ai Frati, a questo punto sfuma negli strati silicizzati incassanti. Ora, in base alle descrizioni del LOTTI, siamo portati a ritenere che la prosecuzione del filone verso nord possa identificarsi in una zona di « effumazione », individuabile sia nel collegamento geometrico ad arco continuo che conduce alla già descritta mineralizzazione di Poggio al Guardione (a direzione E-O) sia nei vari filoncelli cupriferi affioranti secondo il LOTTI presso Rigalloro (o Rigo dell'Oro, SAVI 1847) e sulle pendici nord-orientali del poggio di Massa Marittima, che il suddetto Autore raggruppa sotto la dicitura « filoni di fessura del poggio di Massa » e che stiamo attualmente cercando di cartografare ove possibile. Riportiamo qui brevemente, in quanto ci paiono interessanti, i dati che LOTTI fornisce al proposito. Si tratta di filoncelli a direzione prevalente NNO, attraversanti in discordanza le argille scagliose e che si rinvencono nelle seguenti località (fig. 1):

— Fonte Porrina: pirite, calcopirite, poca blenda, rarissima galena in ganga carbonatico-quarzosa;

— diversi punti della località Rigalloro: venette di pochi centimetri di quarzo bianco con calcopirite, blenda e galena; filoni a quarzo e

pirite, cementanti frammenti di argilloscisti e calcari piritizzati; filoni con spessore massimo di 60 cm, costituiti in parte da quarzo, feldspato ortose e pirite e in parte da calcite e calcopirite in cristallini ad abito tetraedrico, con tracce di blenda e galena;

— Poggio alle Vedette-Poggio alla Fame: blenda, galena e calcopirite in ganga carbonatica a grana grossa;

— lato NE del poggio di Massa fra il Donzellino ed il Molino Petrocchi: vene feldspatiche sterili;

b) *arricchimento degli Alborelli (estensione: 100 m)*: il corpo metallifero presentava una potenza massima di 6 metri ed era mineralizzato a calcopirite, blenda, galena, erubescite e rame nativo. Lo studio dei campioni da noi prelevati nella zona del Pozzo 1 ha rivelato l'esistenza di una mineralizzazione a ganga quarzosa, con frequente tessitura « a listato », costituita da calcopirite che include e cementa granuli di pirite cataclastica, ed è associata a poca bismutinite;

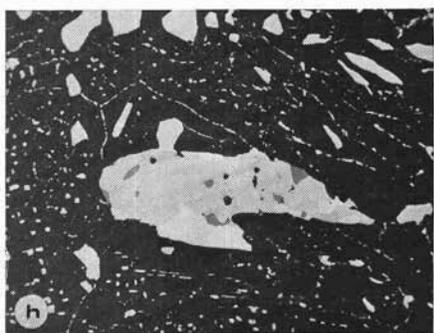
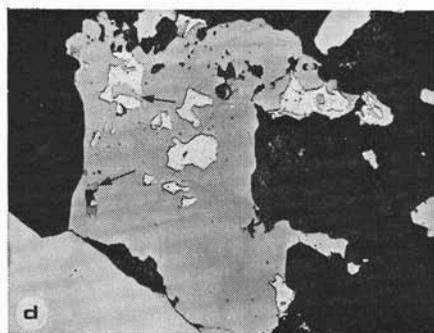
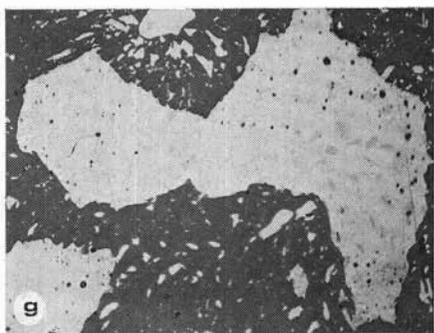
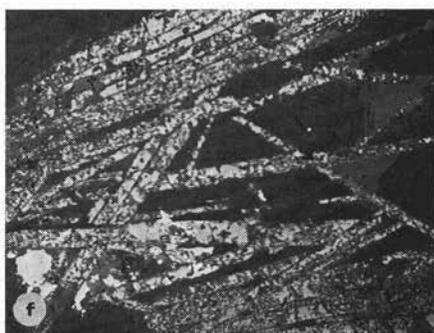
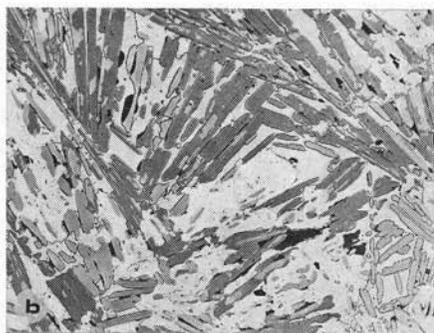
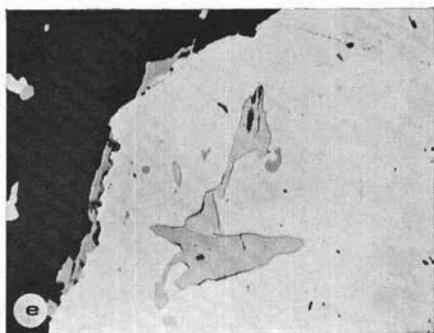
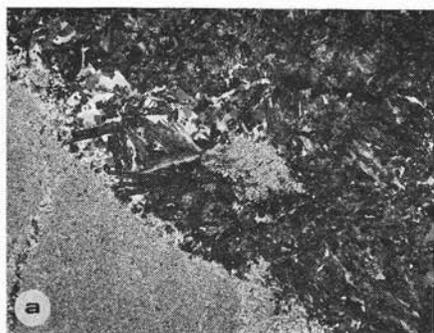
c) *arricchimento del Pozzo Salerno (estensione: 100 m, in profondità ridotta progressivamente a 40 m)*: la potenza di questa concentrazione di forma lenticolare variava da 2 a 7 metri, e la mineralizzazione appariva assai ricca ed uniforme. Al letto del corpo minerario erano visibili strati costituiti da aggregati pirossenici, dello spessore di 10-15 centimetri, alternati a straterelli argilloscistosi. Secondo notizie del Servizio Minerario (1888) la mineralizzazione al Pozzo Salerno (e in Val Calda) era costituita da pirite e calcopirite, con un tenore medio del 3,5-4% Cu. Nel 1897, a tetto della concentrazione già nota, fu scoperta e coltivata una « colonna » della potenza di 3-18 metri per 80 metri in direzione. Tramite il prelevamento statistico ed il successivo esame minerografico di numerosi campioni della discarica del Pozzo Salerno abbiamo tentato di ricostruire la natura locale della mineralizzazione, trovandovi buona analogia con quanto riportato dal LOTTI. La successione paragenetica è, in sintesi, la seguente:

— formazione di uno skarn costituito da pirosseno monoclinico, pistacite, quarzo, carbonato (fig. 5 a). Il pirosseno monoclinico è presente in due tipi ben distinti: il primo, meno comune, ha le seguenti caratteristiche ottiche: è pleocroico con schema d'assorbimento  $\alpha =$  bruniccio,  $\beta \approx \gamma =$  verde prato,  $c:\gamma = 38^\circ-39^\circ$ ,  $2V_\gamma = 60^\circ$ ,  $n_\gamma \approx 1,715$ , frequentemente geminato secondo {100}; il secondo, nettamente più abbondante, appare in aggregati fibroso-raggiati e presenta colore verdolino-brunic-

cio,  $c:\gamma = 42^{\circ}-45^{\circ}$  e  $2V_{\gamma}$  maggiore di  $65^{\circ}$ . E' interessato da una incipiente uralitizzazione. Il primo pirosseno può essere classificato fra i termini salitici, mentre il secondo, come è risultato da un'indagine spettrografica in fluorescenza-X, corrisponde ad una hedenbergite manganesifera. La pistacite è abbastanza frequente, in granuli isolati anche di notevoli dimensioni. Più tardivi rispetto ai silicati appaiono la calcite (cui si accompagna talora un termine ankeritico) ed il quarzo. I minerali metallici associati allo skarn sono l'ematite, in concrescimenti lamellari ed interdigitata con gli aggregati silicatici, la pirite, la calcopirite e la magnetite. Localmente si osservano noduli ( $\varnothing$  circa 1-2 cm) di pirite entro la quale si rinvengono in abbondanza le tipiche asso-

Fig. 5.

- a) Skarn costituito da prevalente hedenbergite manganesifera, in aggregati fibroso-raggiati, associata a minerali metallici (neri) e a quarzo e calcite interstiziali. La plaga più chiara che occupa il settore a sinistra in basso nella fotografia è costituita da quarzo microcristallino, traversato da venette quarzose a grana maggiore, localmente mineralizzate.  
Pozzo Salerno, sezione sottile, N + (3,4 ×)
- b) Aggregati lamellari di ematite (grigia) parzialmente trasformata in magnetite (grigia più scura), associati a pirite (bianca) e calcopirite (bianco-grigia).  
Pozzo Salerno, sezione lucida, N// (82 ×)
- c) Calcopirite geminata con microscopiche inclusioni di mackinawite (bianca a causa della fortissima anisotropia), associata a pirite (scura) e ganga (chiara a causa dei riflessi interni).  
Pozzo Salerno, sezione lucida, N +, immersione (150 ×)
- d) Calcopirite (grigio chiaro) contenente inclusioni di bismuto nativo (bianco) associato a plaghette di bismutinite (indicate dalle frecce) di cui è evidente il pleocroismo.  
Pozzo Salerno, sezione lucida, N//, immersione (240 ×)
- e) Inclusi di varie dimensioni, in pirite, costituiti da bismutinite con evidente pleocroismo. L'orlo grigio chiaro che circonda il cristallo di pirite è dato da calcopirite e, in parte, da bismutinite. Nero: quarzo.  
Pozzo Salerno, sezione lucida, N// (140 ×)
- f) Magnetite pseudomorfa di ematite lamellare, minutamente sostituita da carbonato (grigio, biriflettente) e quarzo (grigio scuro). Associate si notano alcune plaghette di pirite (bianca). Pozzo Salerno, sezione lucida, N// (80 ×)
- g) Plaghe di galena (bianca) con inclusioni di bournonite (bianco-grigia) in blenda (grigia) ricca di inclusioni di calcopirite (bianca).  
Pozzo Salerno, sezione lucida, N// (145 ×)
- h) Blenda marmatitica (grigio-nera) con inclusioni di varie dimensioni di calcopirite (bianca), contenente una plaga di galena (grigio-chiara) con inclusioni di tetraedrite (grigia). Pozzo Salerno, sezione lucida, N//, immersione (210 ×)



ciazioni lamellari fibroso-raggiate di ematite parzialmente sino a totalmente sostituita, per pseudomorfofi, da magnetite. Pirite, ematite e magnetite sono infine cementate da calcopirite (fig. 5b);

— la calcopirite costituisce il minerale fondamentale della paragenesi successiva, in associazione con pirite in cristalli per lo più ad abito cubico, bismutinite e bismuto nativo. Presenta geminazioni a lamelle lanceolate, con microscopiche inclusioni di mackinawite (fig. 5c). La bismutinite si associa al bismuto nativo quando si accompagna a calcopirite (fig. 5d), mentre nella pirite è costantemente presente in inclusi anche di discrete dimensioni, ma dove il bismuto nativo appare per lo più assente (fig. 5e). Nella pirite sono osservabili anche lamelle di ematite ed inclusioni, localmente abbastanza frequenti, di pirrotina. Entro la calcopirite si possono notare plaghette di magnetite cresciuta automorficamente a spese dei cristalli di pirite inglobati in  $\text{CuFeS}_2$ . In quantità localmente apprezzabili si rinviene inoltre l'arsenopirite, che appare di genesi piuttosto tardiva, con inclusioni di pirrotina, bismuto nativo, bismutinite. Fra i minerali di ganga si possono notare entro la calcopirite feltri minuti di cloriti ferrifere, sostituite da carbonato, e tracce di pistacite: minerale prevalente è però il quarzo, in metacristalli ben sviluppati ed in masse granulari, associato sovente a calcite. Entro la ganga quarzosa sono spesso osservabili « relitti » di fasci di lamelle ematitiche completamente trasformate in magnetite, a sua volta sostituita dal carbonato (fig. 5f);

— la terza ed ultima associazione paragenetica, depositasi verosimilmente a temperatura più bassa, è rappresentata da blenda e galena quali minerali caratteristici, e da pirite e calcopirite in quantità variabili; la ganga è quarzoso-cloritica. Nella blenda, di tipo marmatitico, a struttura granulare, appaiono abbondantissime le inclusioni e le plaghette di calcopirite. La galena è presente in due generazioni distinte: una, associata a calcopirite, di deposizione più tardiva rispetto alla blenda; l'altra, in piccole plaghe a contorno irregolare ( $\varnothing$  0,05-0,5 mm) inglobate entro la blenda cuprifera, sembra parageneticamente più precoce e contiene numerosissime inclusioni di bournonite (fig. 5g), tetraedrite, localizzata in genere ai limiti galena-blenda o galena-calcopirite (fig. 5h) e boulangerite. Fra i minerali di ganga il quarzo si presenta spesso calcedonioso, a grana finissima, oltrechè in aggregati più grossolani a tessitura irregolarmente pavimentosa; le cloriti sono di tipo ferrifero. Minerali d'alterazione: scarse covellina e goethite;

d) *arricchimento del Pozzo Garibaldi*: tra il Pozzo Garibaldi ed il Pozzo S. Cerbone il filone si arricchiva nuovamente per un'estensione longitudinale di circa 500 metri. Il corpo metallifero presentava una potenza da 2 a 10 metri, e oltre ai minerali di rame (calcopirite, calcocite, rame nativo) conteneva piccole quantità di solfuri di Pb e Zn. Presso il Pozzo Paolo fu osservata per circa 20 m una scissione del filone in due rami dovuta all'intercalazione di una zona argillosa. Secondo notizie del Servizio Minerario (1888) al Pozzo Garibaldi la mineralizzazione presentava tenori del 2,5-3,5% Cu, con massimi del 10-15% Cu presso il Pozzo Paolo, ove negli anni successivi venivano scoperte nuove concentrazioni nella zona di tetto. Fra il Pozzo Paolo ed il Pozzo Carlo, due arricchimenti intermedi vennero sfruttati al Pozzo S. Cerbone e al Pozzo Donna Morta.

Sono state campionate le discariche dei Pozzi Paolo e Garibaldi. L'associazione paragenetica si differenzia da quella precedentemente illustrata per il Pozzo Salerno solo per il completo grado di trasformazione che ha interessato lo skarn originario: i pirosseni appaiono sostituiti (pseudomorficamente) da calcite + quarzo (figg. 8 a, b), gli epidoti da clorite ferrifera in globuli a loro volta trasformati in carbonato, il tutto immerso in una massa di fondo prevalentemente carbonatica a grana grossa. I minerali opachi associati sono gli stessi che si accompagnavano allo skarn tipico: ematite in aggregati filamentosi, spesso estesamente trasformata in magnetite, ed inclusa nei cristalli di pirite in lamelline finemente suddivise e di dimensioni molto inferiori a quelle osservate, ad esempio, in fig. 5b. La mineralizzazione tipica consiste essenzialmente di calcopirite e pirite, associate a bismutinite in cristalli e plaghe piuttosto rari, ma di dimensioni notevoli. Non è stata osservata l'associazione bismutinite-bismuto nativo. Fra i minerali di ganga frequente è la calcite, in aggregati spatici grossolani contenenti talora masserelle di calcopirite. Il quarzo, presente sia in metacristalli sia in aggregati granulari a tessitura pavimentosa, sostituisce entrambi i solfuri principali, conservando in genere, quali relitti, le lamelline di ematite precedentemente incluse in pirite. Nella paragenesi pirite-calcopirite-quarzo è stata notata pure la sporadica presenza di cristallini di granato, e la comparsa di ilvaite, osservabile in inclusioni entro la pirite di forma analoga a quella delle lamelle ematitiche, e spesso associata a quest'ultime.

2) *Miniera delle Capanne Vecchie-Poggio Bindo*: al Pozzo S. Cerbone cadeva all'incirca il confine tra le due miniere della Fenice Mas-

setana a nord e di Capanne Vecchie-Poggio Bindo a sud. Fra la zona del Pozzo S. Cerbone-Pozzo Donna Morta ed il Pozzo Carlo, per un tratto di circa 200 m, la mineralizzazione si impoveriva notevolmente, presentando solo tracce di calcocite e calcopirite in ganga quarzosa. Nell'arricchimento di Poggio Bindo il filone, chiamato localmente « La Massa », risultava di notevole potenza (20 m) ed era costituito da quarzo con disseminazioni locali, verso letto, di calcopirite e pirite (2,5% Cu; 0,8% As), con tracce di blenda e galena. Verso tetto erano invece osservabili bande di 20-30 cm di spessore mineralizzate a quarzo, calcopirite (con tracce di Au e Ag), rame nativo e cuprite alternanti a strati argillosi. Secondo JERVIS (1873) erano presenti anche modeste quantità di azzurrite, erubescite e minerali di manganese. All'epoca della fusione, sotto un'unica Società, delle due miniere della Fenice Massetana e delle Capanne Vecchie-Poggio Bindo, da due relazioni del Servizio Minerario (anni 1892 e 1897) si possono riassumere questi dati: il filone delle Capanne Vecchie-Fenice Massetana, chiamato anche « La Massa », mineralizzato a calcopirite e pirite prevalenti, era riconosciuto per 1 Km in direzione all'incirca N-S, con potenza media da 2 a 5 m, inclinazione ad est, e contenente il 4% Cu, 15% S, 13% calcopirite, 15-20% pirite, 67-72% quarzo. Presentava arricchimenti (« colonne ») con tenori fino all'11% Cu (da sud, Carlo e i già ricordati San Cerbone, Donna Morta, Garibaldi, Salerno, Alborelli, Val Calda).

*Accesa*: l'attuale miniera di Fenice Capanne (un tempo denominata Carpignone) sfrutta la parte più meridionale del filone omonimo, coltivata nel secolo scorso a partire dal Pozzo Savi verso sud. Secondo quanto riferisce il LORTI il filone (chiamato attualmente Filone dell'Accesa), da sud a nord presentava le seguenti caratteristiche: nel primo tratto di 200 m (Miniera del Carpignone) prevaleva la galena, seguita quindi dalla blenda e poi da calcopirite e pirite. Si verificava quindi un impoverimento ove la mineralizzazione era rappresentata esclusivamente da blenda marmatitica, fibrosa (ed è la prima volta che il LORTI usa per la blenda del Fenice Capanne questo aggettivo!), associata a quarzo e calcopirite. Presso il Pozzo Savi la mineralizzazione si presentava analoga a quella del Carpignone, mancandovi però la galena. La potenza del corpo minerario, scarsamente inclinato, al Carpignone era di 10 m, al Pozzo Savi di 14 m. Secondo notizie del Servizio Minerario, nel 1918 il filone dell'Accesa (allora chiamato filone del Carpignone) era riconosciuto per 1000 m in direzione, con po-

tenza variabile da 2 a 10 m, mineralizzato a solfuri misti con tenori del 16% Zn, 3,5% Pb, 10% Fe. La mineralizzazione era a grana finissima e quindi di difficile trattamento.

Anche in questa parte del filone di Fenice Capanne il motivo strutturale che si ripete è sempre il medesimo già notato dal LORRI: una serie cioè di zone ad elevata concentrazione di minerali metallici intercalate con zone a tenori molto bassi o addirittura sterili. Furono così individuate e coltivate nel passato, da nord a sud, le colonne Mezzacasa (assai ricca di galena), Bucci, Ripidissima o Forte Pendenza (PbS), Principale (ZnS), Fruschelli. Interessante, nella zona corrispondente pressapoco alla colonna Ripidissima, la presenza di un filoncello incrociatore (Filone Guglielmo) a direzione NO-SE, ben mineralizzato a galena.

In tempi recenti sino a tutt'oggi all'Accesa sono state coltivate le zone Mezzacasa, Gustava, Principale-Ravenni, Rossa, Livello 134, Livello 101, tutte facenti capo al pozzo di estrazione n. 4 (fig. 2). Sono stati campionati in dettaglio i livelli Rossa (q. 182), Ravenni (q. 182), 134, 101 e Mezzacasa (q. 134). Dall'esame in sottosuolo, il corpo minerario appare di tipo filoniano (di riempimento e di sostituzione) legato ad un potente alone di silicizzazione in presenza di una zona di disturbo tettonico, a direzione N-S ed immersione orientale. La mineralizzazione è costituita essenzialmente da blenda, galena, pirite e calcopirite: dal rinfuso di miniera (BRANDI et al., 1968) con tenori medi del 4,5% Zn, 1% Pb, 0,4% Cu e 7,5% Fe, si ricavano 500 t annue di galena argentifera (1000 g di Ag/t), 400 t di blenda, 1000 t di minerale di rame al 5% Cu e circa 5000 t di pirite.

Le zone di sostituzione da parte dei minerali metallici, a forma di *mantos*, interessano le alternanze calcaree e calcareo-marnose della formazione delle argille scagliose coinvolte nei movimenti tettonici: si possono infatti osservare dei veri e propri « jasperoidi » mineralizzati intercalati ad argilloscisti per lo più di colore scuro fino a nero, laminati, silicizzati e piritizzati, ai quali talora si interpongono in concordanza vene con tessitura a listato, spesso simmetrica, di solfuri e quarzo (fig. 6a). Tali strutture filoniane passano spesso a vere e proprie breccie mineralizzate ove frammenti di roccia incassante, silicizzati ma conservanti perfettamente l'aspetto macroscopico originario, sono circondati da coecarde a bande ritmiche di quarzo e solfuri. Tali breccie variano da dimensioni macroscopiche a microscopiche (fig. 8c) e devono considerarsi tipiche di questa parte del giacimento: più spesso

ancora i frammenti appaiono completamente trasformati in quarzo calcedonioso+pirite, con cavità di dissoluzione riempite da cristalliti di quarzo impiantati normalmente alle pareti, e circondati da bande al-

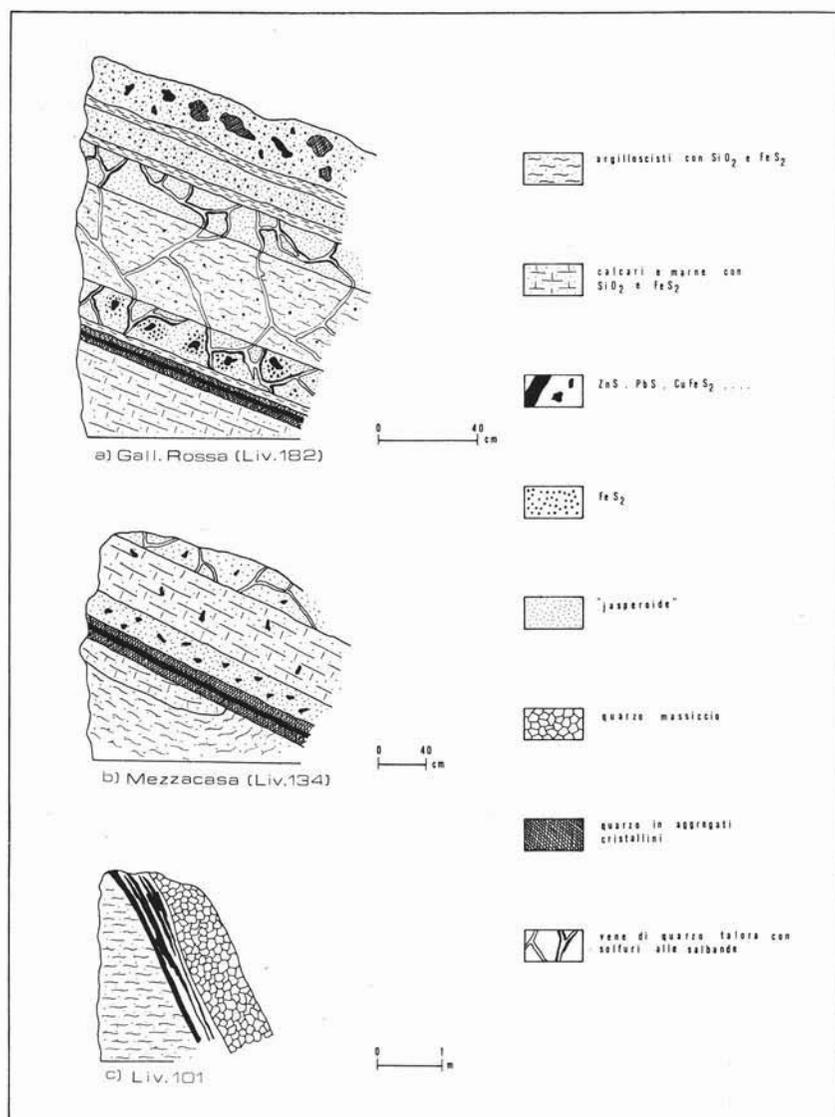


Fig. 6. — Aspetti tessiturali del filone di Fenice Capanne.

terne di blenda nera fibrosa, galena, pirite e quarzo bianco e grigio, sovente di tipo calcedonioso, corneo, durissimo, che sembra prevalere nella zona di letto (fig. 7). Si può osservare in sottosuolo che ove la mineralizzazione appare più ricca e compatta (ad esempio al cantiere Ravenni, ove è presente una bella mineralizzazione a blenda, galena e

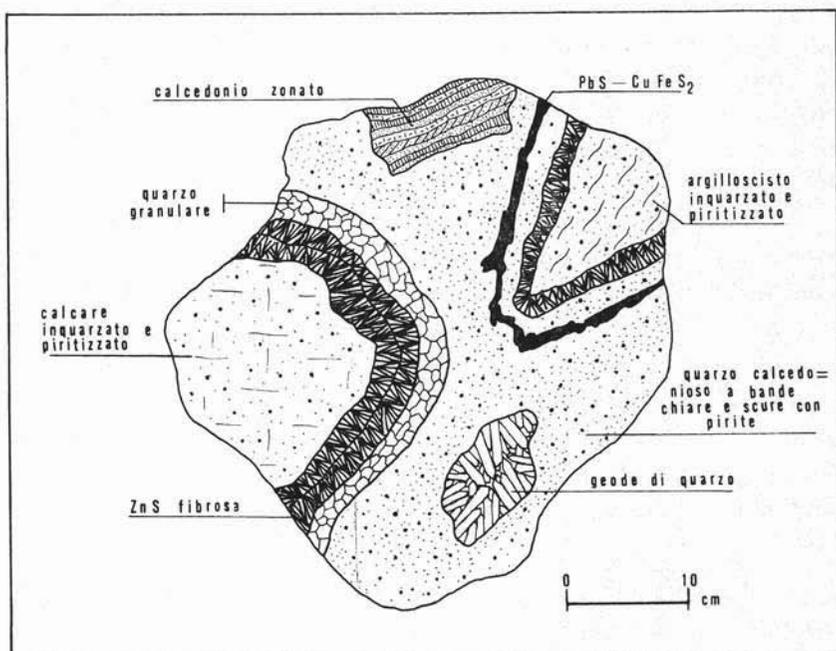


Fig. 7. — Esempio di tessitura a coccarda, costituita da bande ritmiche di quarzo e solfuri intorno a frammenti di una breccia costituita da calcari ed argillosecisti in quarzati e piritizzati. Disegno ricavato da un campione macroscopico prelevato alla Galleria Rossa (liv. 182) del filone di Fenice Capanne.

calcopirite a tessitura massiccia) essa ha la tendenza a formare grossi blocchi separati l'uno dall'altro da setti argillosi. Localmente, specie ai livelli inferiori (134, Mezzacasa, 101) il filone, con regolare ed indisturbata tessitura listata, appare chiaramente discordante con le rocce incassanti (fig. 6c) oppure è impostato lungo zone locali di scorrimento (fig. 6b). E' quindi ragionevole supporre che tale diversità di strutture sia imputabile alle varie condizioni locali createsi in seguito

a fenomeni tettonici: scorrimenti, scollamenti, fratture (anche trasversali: vedasi ad esempio il filone piombifero Guglielmo, a direzione NO-SE, poco a nord del cantiere Ravenni), formazione di breccie e cavità, che hanno aperto la via dapprima agli ubiquitari processi di silicizzazione e piritizzazione dei diversi litotipi della formazione delle argille scagliose per un tratto, a letto e a tetto, di estensione notevole; ed alla susseguente deposizione, in concentrazioni variamente favorite dalle strutture tettoniche locali, dei solfuri metallici. Ciò spiegherebbe le variazioni di potenza (da pochi centimetri a parecchi metri) e di inclinazione (da 10°-15° a 50°-60°, con una media di 45°) del corpo metallifero, e quindi gli arricchimenti (« colonne ») e gli impoverimenti che si riscontrano sia in direzione che in immersione.

L'esame minerografico globale della mineralizzazione dell'Accesa (eseguito su un centinaio di sezioni fra lucide e sottili) ha rivelato l'impossibilità di stabilire una successione paragenetica rigorosa, in quanto fra i minerali metallici e di ganga i rapporti di macro- e microimplicazione sono per lo più tali da indicare numerose ricorrenze di deposizione e successiva sostituzione delle specie mineralogiche che andavano via via separandosi. Abbiamo tuttavia tentato di raggruppare, in seguito ad un'analisi statistica, alcuni minerali o associazioni caratteristiche nel seguente ordine di distribuzione e deposizione successiva:

— pirite cristallina ed arsenopirite: entrambi questi minerali appaiono ubiquitari, in particolar modo l'arsenopirite che (ad eccezione del cantiere Ravenni, ove è più rara) fa registrare un aumento deciso rispetto alla parte del filone di Fenice Capanne coltivata alle Capanne Vecchie ed alla Fenice Massetana. La pirite, in cristalli di dimensioni da 0,05 a 0,3 mm, leggermente anisotropa, contiene pressochè costantemente inclusioni di ilvaite (fig. 8d, e) e di ematite. Ilvaite ed ematite si possono osservare assieme, talora in plaghette di discrete dimensioni, entro la ganga quarzosa (fig. 8f), in connessione locale con carbonati, pistacite, mica bianca, clorite ferrifera: l'associazione ilvaite-quarzo è in ogni caso assai frequente. L'arsenopirite, spesso geminata polisinteticamente, è presente in individui più o meno idiomorfi, anche di dimensioni notevoli, ed è sostituita da minerali più recenti (blenda, galena, tetraedriti) sovente lungo le direzioni cristallografiche (figg. 8 g, h): contiene inclusioni di pirrotina e di ematite;

— associazioni lamellari magnetite-ematite: sono abbastanza frequenti. Non è del tutto chiara la loro posizione paragenetica rispetto ai due solfuri precedentemente descritti. La trasformazione dell'ematite in magnetite appare molto avanzata (fig. 9 a) o completa (fig. 9 b);

— blenda: è presente in due varietà quasi sempre strettamente associate. La prima, più abbondante nei cantieri più settentrionali (Ravenni) è non di rado grossolanamente granulare, con colore da rosso a bruno a nero. In sezione sottile appare costituita da aggregati di granuli e plaghe quasi sempre zonati, di colore da rosso aranciato a rosso bruno a bruno chiaro, quest'ultimo prevalente soprattutto nelle parti periferiche. La seconda varietà, abundantissima e caratteristica, si presenta in aggregati fibroso-raggiati riuniti in bande deposte ritmicamente: la lunghezza delle fibre può eccezionalmente raggiungere 2-3 cm. Quest'ultimo tipo di blenda, soprattutto dove si è sviluppato in fibre corte, appare straordinariamente ricco di inclusioni di calcopirite (fig. 9 c) e talora di pirrotina (fig. 9 d), normalmente in caratteristiche file parallele di bacchette disposte secondo la direzione d'allungamento delle fibre. Anche nella blenda non fibrosa le inclusioni di calcopirite appaiono in genere numerose, talora localizzate nella parte più interna dei granuli (figg. 9 a, b), o disposte secondo le direzioni cristallografiche dell'ospite (fig. 9 e), o derivanti da un processo evidente di diffusione, entro la blenda, di calcopirite localmente assai abbondante (fig. 9 f). La blenda non fibrosa presenta talora strutture « a limiti reciproci », verosimilmente d'accrescimento contemporaneo, con pirite, magnetite, galena, pirrotina+pirite, pirrotina+galena, arsenopirite in ordine decrescente di frequenza (fig. 9 g). La blenda appare localmente trasformata in smithsonite;

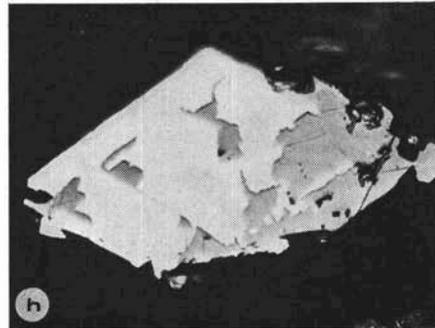
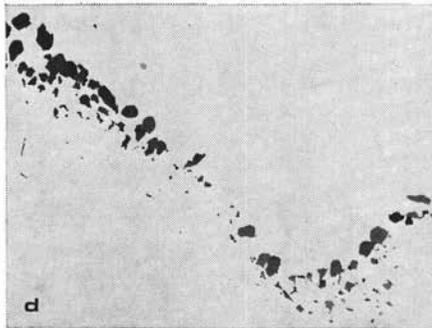
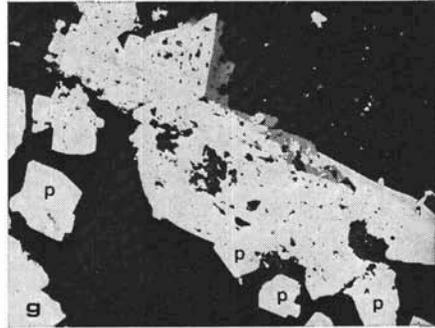
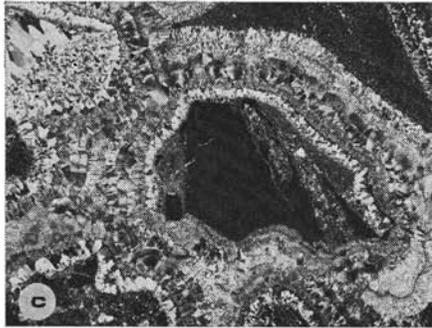
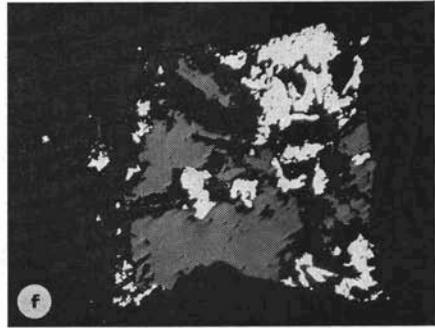
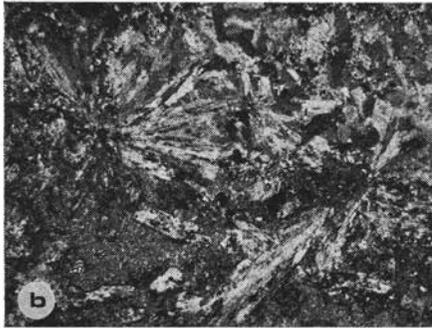
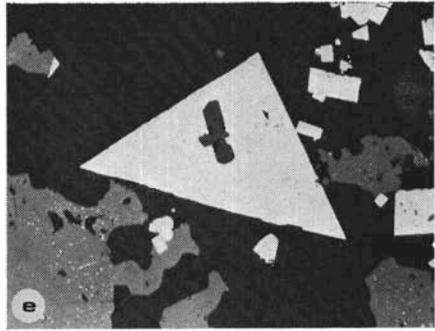
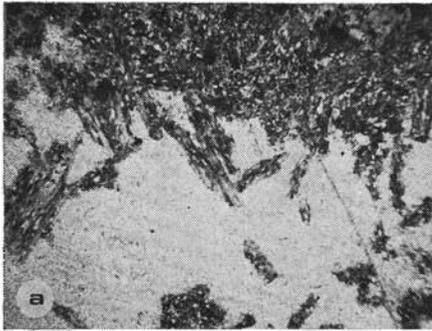
— galena, calcopirite, solfosali di Cu-Sb-As: galena e calcopirite appaiono statisticamente di genesi più o meno contemporanea. Entrambe infatti, in plaghe allotriomorfe, esercitano un'azione sostituyente sulla blenda, per penetrazione guidata e diffusa, solo localmente presentando col solfuro di zinco tessiture a limiti reciproci. La galena non contiene in genere inclusioni di solfosali, i quali si accompagnano per lo più a calcopirite: in quest'ultima sono osservabili rare geminazioni a lamelle larghe, non caratteristiche, e mancano inclusioni di smistamento. I solfosali sono piuttosto abbondanti: verso la parte sud della miniera prevale la tennantite, in plaghette di 0,05-0,15 mm, con tipici riflessi interni rossi, cui si associa progressivamente verso nord la tetraedrite

comune verde oliva: sono presenti anche tracce di bournonite. Al cantiere Ravenni sono state notate piccole quantità di enargite. I solfosali e la calcopirite appaiono localmente trasformati in covellina e bornite; la galena è talora sostituita da un'ematite di genesi tardiva, che si rinviene in inclusi di neoformazione anche nelle plaghette di magnetite associata alla blenda;

— bismutinite: la presenza di questo solfuro, che così abbondante appariva nelle sezioni lucide dei pozzi Salerno e Garibaldi, è sporadica e limitata alle parti più settentrionali del filone dell'Accesa. E' stata infatti rinvenuta in tracce al cantiere Ravenni ed al livello 101, nella

Fig. 8.

- a) Originario skarn a pirosseno completamente sostituito da un aggregato granulare di quarzo+calcite: il tutto è immerso in una massa di fondo (chiara) costituita da calcite spatica a grana grossa. Si notano alcuni granuli di minerali metallici (neri). Pozzo Garibaldi, sezione sottile, N + (10,9 ×)
- b) Stesso motivo della figura precedente: aggregati pirossenici a struttura fibroso-raggiata, trasformati in calcite prevalentemente. Si notano granuli di minerali metallici (neri). Pozzo Garibaldi, sezione sottile, N + (8,2 ×)
- c) Frammenti di shales piritosi neri (al centro della fotografia) e di calcari silicizzati (in alto a sinistra) cementati da bande ritmicamente alternate di quarzo a grana da finissima (calcedoniosa) a grossa e calcedonio in aggregati fibroso-raggiati. Zona Rossa (liv. 182), sezione sottile, N + (3,15 ×)
- d) Pirite (bianca) con inclusioni di ilvaite (grigia in varie tonalità a causa del pleocroismo) disposte lungo una zona d'accrescimento della pirite. Zona Ravenni (liv. 101), sezione lucida, N// (82 ×)
- e) Cristalletti di pirite (bianca) di cui quello centrale include un cristallino geminato di ilvaite. In associazione si notano blenda (grigia, con inclusioni di calcopirite) e quarzo (nero). Zona Rossa (liv. 182), sezione lucida, N//, immersione (145 ×)
- f) Plaga di ilvaite (grigia) associata ad ematite (bianca) e quarzo (nero). In nero entro l'ilvaite: cavità. Zona Rossa (liv. 182), sezione lucida, N//, immersione (105 ×)
- g) Plaga di arsenopirite (al centro) sostituita da blenda (grigio-nera, con piccole inclusioni bianche di calcopirite), tennantite (grigia), calcopirite (bianco-grigia) e quarzo (nero). Nel quarzo si notano cristallini di pirite ( $\beta$ , bianca). Zona Rossa (liv. 134), sezione lucida, N// (71 ×)
- h) Bell'esempio di sostituzione per penetrazione guidata: cristallino di arsenopirite sostituito lungo le direzioni cristallografiche da tennantite (grigia). In quarzo (nero). Discarica Rie. Carpignone Nuovo (estremità sud del filone dell'Accesa), sezione lucida, N//, immersione (700 ×)

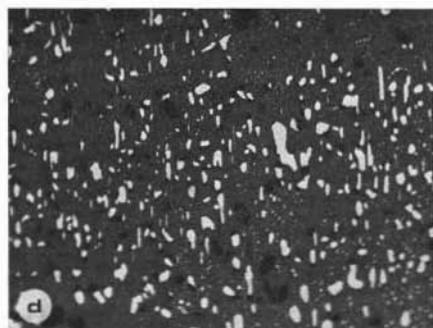
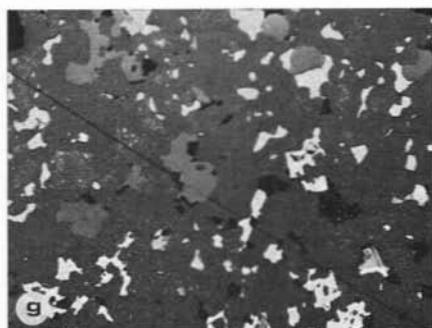
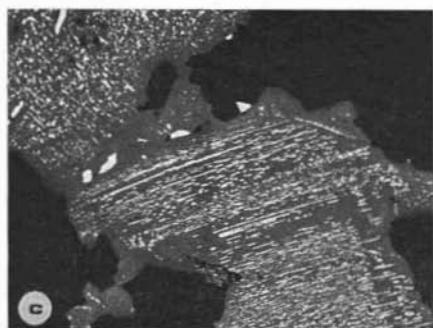
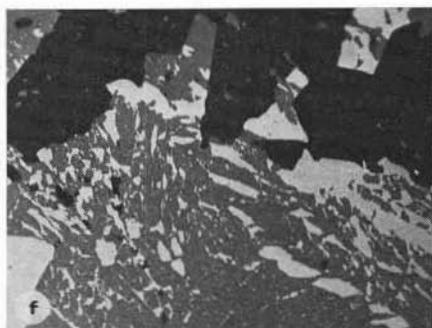
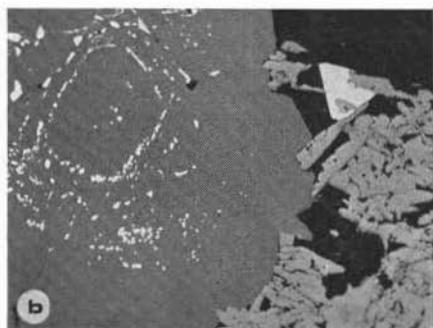
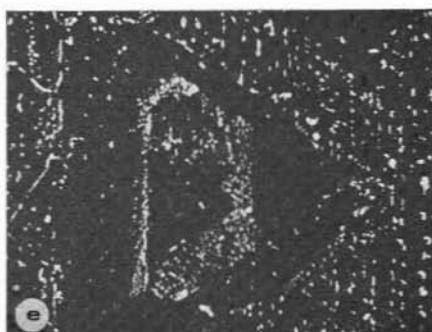
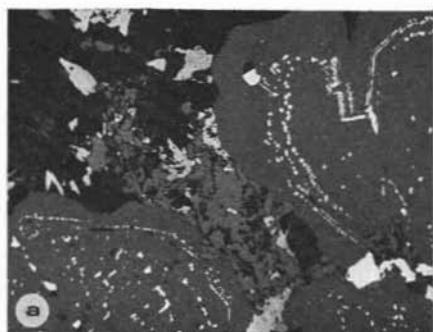


zona di filone corrispondente superiormente al cantiere Ravenni. Un campione del livello 101 è apparso particolarmente ricco di bismutinite, associata a blenda granulare povera di inclusioni di calcopirite, galena e quarzo (fig. 9 h): nel solfuro sono localmente visibili, lungo le tracce di sfaldatura, piccole lamelle di tetradimite;

— pirite zonata (talora associata a marcasite), a tessitura colloforme, in framboidi, in aggregati con nucleo bravoitico: è un tipo di pirite piuttosto comune, soprattutto come cemento di brecciole minute, costituite da frammenti di shales nerastri ugualmente ricchi in  $\text{FeS}_2$ . Le masserelle botrioidali appaiono spesso in alternanze ritmiche con quarzo di tipo calcedonioso; i framboidi, con struttura interna spesso assai regolare, appaiono talora circondati da una banda a colore di rifles-

Fig. 9.

- a) Blenda (grigio seura) con inclusioni di calcopirite nella parte interna dei granuli (in parte disposti lungo zone ad andamento « colloforme »), associata ad ematite (bianco grigia, in piccole lamelle) e magnetite (grigia) derivante da sostituzione dell'ematite. Associati si notano pirite (bianca) e quarzo (nero).  
Zona Rossa (liv. 134), sezione lucida, N//, immersione (160 ×)
- b) Blenda granulare (grigia, con inclusioni di calcopirite) associata a magnetite (grigio chiara, derivante da sostituzione di ematite), quarzo (nero) e pirite (bianca).  
Zona Rossa (liv. 134), sezione lucida, N//, immersione (150 ×)
- c) Blenda fibrosa con inclusioni orientate di calcopirite. In quarzo (nero).  
Zona Rossa (liv. 101), sezione lucida, N//, immersione (145 ×)
- d) Blenda fibrosa con inclusioni orientate di pirrotina. In basso a sinistra nella fotografia, plaghetta di galena (bianca).  
Zona Rossa (liv. 182), sezione lucida, N//, immersione (235 ×)
- e) Blenda granulare cristallina, con inclusioni orientate di calcopirite.  
Zona Rossa (liv. 134), sezione lucida, N//, immersione (155 ×)
- f) Associazione blenda granulare-calcopirite con diffusione di  $\text{CuFeS}_2$  entro il solfuro di zinco in plaghe a contorni irregolari ed inclusioni minutissime. Entrambi i minerali metallici vengono sostituiti dal quarzo (nero).  
Zona Ravenni (liv. 182), sezione lucida, N// (95 ×)
- g) Associazione con strutture « a limiti reciproci » fra blenda (grigia, costituente la massa di fondo), magnetite (grigio chiara) associata a galena (bianca) nella parte superiore della fotografia, pirite (bianca splendente, in plaghette sfrangiate, con inclusioni di prevalente pirrotina) visibile soprattutto nella parte inferiore della fotografia. Quarzo e cavità: neri.  
Zona Rossa (liv. 134), sezione lucida, N//, immersione (190 ×)
- h) Lamelle di bismutinite (bianca, con evidenti tracce di sfaldatura) associata a blenda granulare con scarse e minutissime inclusioni di calcopirite; quarzo (nero) e pirite (bianca) nella parte inferiore della fotografia. Accanto alla bismutinite, grossa cavità. Zona Ravenni (liv. 101), sezione lucida, N// (150 ×)

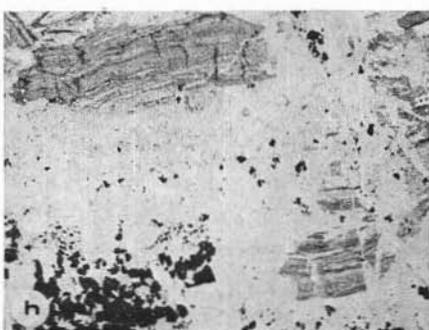
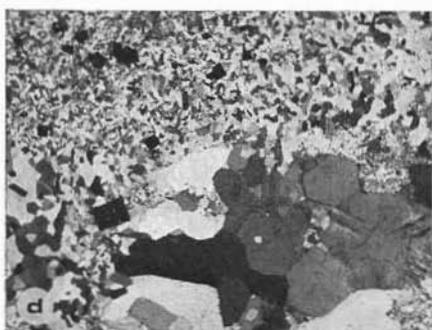
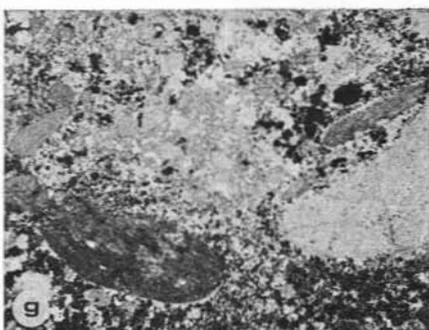
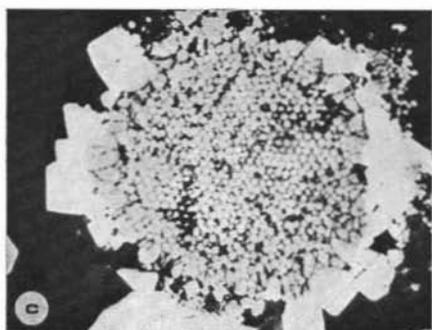
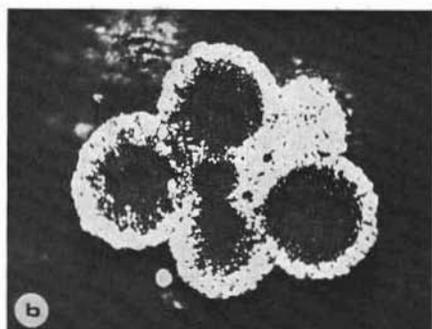
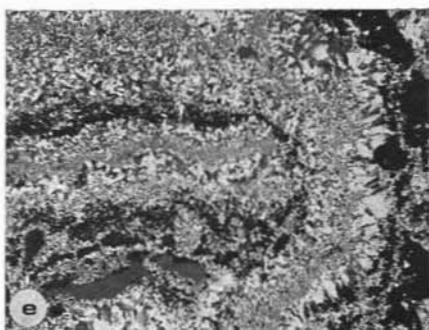
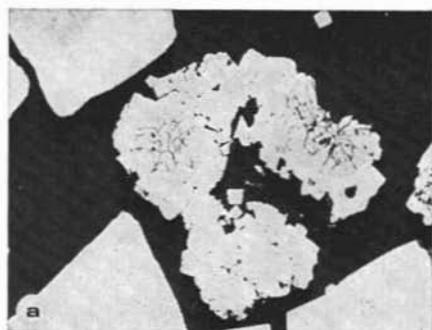


sione più scuro, sulla quale è successivamente cresciuta una corona di pirite cristallina (fig. 10 e), oppure hanno il nucleo sostituito dal quarzo (fig. 10 b); i nuclei «bravoitici» presentano fratture dovute a «shrinkage», completamente mancanti nella pirite cristallina che li avvolge (fig. 10 a);

— minerali di ganga: fra questi prevale in assoluto il quarzo, le cui strutture sono estremamente variabili e che appare in diverse generazioni, macroscopicamente individuabili nella formazione più volte ripetuta di breccie più o meno mineralizzate, che sottolineano da un lato le frequenti ricorrenze del processo metallizzante e dall'altro la già ricordata difficoltà di stabilire una regolare successione paragenetica. In via generale, il quarzo presenta struttura granulare da estremamente fine (calcedoniosa) a grossolana (fig. 10 e), senza però raggiungere le dimensioni d'aggregato riscontrate, ad esempio, a Poggio al

Fig. 10.

- a) «Clusters» di pirite con nucleo bravoitico, traversato da fratture di «shrinkage», parzialmente sostituiti dal quarzo (nero). In associazione si notano cristalli di pirite con inclusioni microscopiche.  
Zona Rossa (liv. 134), sezione lucida, N//, immersione (240 ×)
- b) «Clusters» di pirite con nucleo parzialmente sostituito da quarzo (nero, con riflessi interni). Zona Rossa (liv. 134), sezione lucida, N//, immersione (795 ×)
- c) «Framboide» di pirite, a struttura interna regolare, in parte penetrato da quarzo (nero), circondato da un bordo a colore di riflessione più scuro, su cui si è successivamente sviluppata una corona di cristallini di pirite orientati più o meno normalmente al contorno del framboide. In quarzo (nero).  
Zona Rossa (liv. 134), sezione lucida, N//, immersione (725 ×)
- d) Quarzo in aggregati granulari (grana da media a grossa) in cui si notano sparsi cristallietti cubici di pirite (nera).  
Ricerca Poggio al Guardione, sezione sottile, N + (3,65 ×)
- e) Quarzo con grana da finissima (calcedoniosa) a medio-piccola, in bande ritmicamente alternate con bande di solfuri (neri).  
Zona Rossa (liv. 182), sezione sottile, N + (3,65 ×)
- f) Calcedonio in aggregati fibroso-raggiati, associato a quarzo granulare con tessitura pavimentosa. Zona Rossa (liv. 182), sezione sottile, N + (12,5 ×)
- g) Brecciola costituita da frammenti di argilloscisti nerastrati cementati da solfuri (neri), quarzo (bianco) e fluorite (f).  
Zona Rossa (liv. 134), sezione sottile, N// (3,65 ×)
- h) Brecciola costituita da frammenti di scisti quarzoso-sericitici, cementati da quarzo (bianco) e solfuri (neri).  
Discariche Serrabottini, sezione sottile, N// (3,9 ×)



Guardione (fig. 10 d), ed è associato spesso a calcedonio in aggregati fibroso-raggiati (fig. 10 f). In sottordine, e solo localmente distribuiti, appaiono altri minerali quali carbonati, epidoto ferriifero, cloriti ferriifere, mica bianca, minuti cristallini di granato. In rarissimi casi ed in minime quantità, è stata riscontrata anche la presenza di fluorite (fig. 10 g).

### Zona filoniana di Serrabottini.

Per completare il quadro giacimentologico locale, accenniamo brevemente alla zona filoniana di Serrabottini. Attualmente i lavori minerari sono inaccessibili, perciò quanto segue è stato sintetizzato dalle descrizioni del LOTTI e dalle relazioni del Servizio Minerario. La campionatura delle discariche esistenti ha permesso un esame minerografico indicativo. Secondo il LOTTI, nella parte più settentrionale della zona (fig. 2) era stato coltivato un filone formatosi al contatto tettonico fra le argille scagliose ed il calcare cavernoso (tratto nord) e fra le argille scagliose e gli scisti filladici (tratto sud). Il filone presentava direzione più o meno costante NNO-SSE, con immersione a ENE. Due erano state le principali zone di arricchimento e coltivazione a partire da nord (fig. 2):

1) *zona di Scabiano e Castelborello*: il filone, o piuttosto il suo alone di alterazione nelle argille scagliose di tetto veniva a congiungersi, come abbiamo già accennato, con quello del filone di Fenice Capanne, qui a direzione E-O (Poggio al Guardione). A Scabiano le coltivazioni risalgono ad epoca assai antica: la mineralizzazione consisteva essenzialmente in minerali di rame, con tracce di piombo e zinco. La stessa situazione si riscontrava a Castelborello (ove nel calcare cavernoso di letto erano state rinvenute masserelle di galena) e presso il Poggio della Lecceta, in prossimità del contatto fra il calcare cavernoso e una placca isolata di argille scagliose;

2) *zona di Pozzoia*: si tratta delle più antiche e celebri miniere della zona (*Mons de Buctinis* o *de Poczorio*), per le quali soprattutto, come riferisce il LOTTI, furono redatti gli statuti massetani. In questa zona il filone si trovava parte al contatto calcare cavernoso-argille scagliose, parte al contatto filladi-argille scagliose. Con un'osservazione interessante il LOTTI fa rilevare come al contatto col calcare cavernoso la ganga fosse prevalentemente calcitica e i minerali metallici rappre-

sentati da solfuri misti di Zn-Pb-Cu, mentre al contatto con le filladi la ganga diveniva quarzosa e fra i minerali metallici dominava la calcopirite. Nelle discariche di Pozzoia il LOTTI aveva osservato inoltre «... frammenti di pirosseno fibroso-radiato e di epidosite, che dovrebbero provenire probabilmente dalle rocce eoceniche del tetto, alterate quivi pure fino a notevole distanza e convertite in rocce silicee e silicatiche». Anche a Pozzoia ci troviamo dunque in presenza di skarn e ciò — notiamo noi — in corrispondenza, lungo una fascia a direzione NE-SO, con gli skarn ritrovati nel filone di Fenice Capanne alla miniera di Capanne Vecchie (Pozzo Salerno).

Poco più a sud la situazione giacimentologica della zona di Serrabottini, così come viene descritta dal LOTTI in base alle discariche dei vecchi pozzi (di cui egli cita in particolare il Pozzo al Ghiro), non sembra corrispondere a realtà. Il LOTTI parla infatti di un unico filone, mentre, sulla base di esatti profili geologici (ricostruiti con l'aiuto di numerosi sondaggi dal Servizio Ricerche Minerarie della Società Montedison e riprodotti in fig. 3 per gentile concessione della medesima Società) e dei dati, secondo la nostra opinione attendibili, ricavati dalle relazioni del Servizio Minerario (anni 1899, 1910, 1911, 1913, 1914, 1917, 1918), si può sintetizzare quanto segue: nella zona subito a nord del Pozzo al Ghiro la messa in posto della mineralizzazione sembra in rapporto con la formazione del primo blocco tettonico abbassato, verso est, rispetto alla cupola filladica di Serrabottini (vedi inquadramento geologico) e delimitato da due faglie dirette distanti circa 200 m l'una dall'altra, come risulta dall'esame dei profili di fig. 3:

— *profili A-A (zona ad est di Val di Strega) e B-B*: la faglia più occidentale sembra corrispondere a quella (sempre localizzata, all'affioramento, al contatto argille scagliose-filladi) ben mineralizzata, secondo il LOTTI, nell'antica zona mineraria di Pozzoia testè citata. Nella zona traversata dal profilo A-A tale faglia mantiene le sue caratteristiche ma appare sterile; nel profilo B-B (200 m più a sud) essa è invece sede di mineralizzazione, soprattutto in profondità al contatto filladi-filladi, costituendo il cosiddetto *filone di spaccatura di Serrabottini*. Il corpo metallifero, con una potenza di 1,80 m, era costituito da solfuri di rame (%Cu: 2,65) e subordinatamente di piombo e zinco e fu coltivato verso sud e verso nord (negli anni dal 1911 al 1918) per circa 200 m ai livelli di quota 186, 157, 126 facenti capo al Pozzo 12 (aperto a quota 256 circa). Verso nord il filone si assottigliava pro-

gressivamente sino a scomparire del tutto proprio nella zona corrispondente al profilo A-A. La faglia più orientale appare invece ben mineralizzata sia nel profilo A-A che nel profilo B-B, e i lavori di coltivazione, accentrati sull'antico Pozzo al Ghiro citato dal LOTTI e sul più recente Pozzo Nuovo, avevano sfruttato sino al livello 103 m un *filone di quarzo e solfuri misti* impostatosi lungo una faglia che affiora in piene argille scagliose ma che pone poi progressivamente a contatto, lungo il suo sviluppo in profondità, le argille scagliose con il calcare cavernoso e successivamente con la formazione filladica;

— *profilo C-C*: questo profilo, tracciato in direzione OSO-ENE ad una distanza variabile da 350 a 200 m, procedendo verso ENE, dal profilo B-B, coincide, nella sua parte mediana, esattamente con il tracciato della Galleria Teodora (o Traverso Banco 4, a q. 210), il che consente, secondo noi, di considerare attendibile una relazione del Servizio Minerario del 1913, dalla quale si desume quanto segue: la galleria Teodora, dopo aver attraversato il filone di Fenice Capanne nella zona à *l'aplomb* rispetto al cantiere Mezzacasa (q. 134), e cioè nel punto ove detto filone inizia a deviare decisamente verso SSO, incontrava dapprima un filoncello della potenza di 0,50-0,80 m, entro le argille scagliose, mineralizzato a solfuri misti (2? del profilo C-C), che si estinse presto verso sud, quindi il contatto argille scagliose-filladi più o meno disturbato e parzialmente mineralizzato, e, a breve distanza dal contatto, il filone di spaccatura di Serrabottini, con potenza variabile da 1 a 2,50 m, mineralizzato a calcopirite prevalente nelle parti più elevate, e a calcopirite, pirite, blenda e galena al di sotto del livello Teodora. La medesima situazione venne riscontrata 350 m più a sud con il livello Speranza (o Traverso Banco 3, a q. 182, vedi fig. 2).

Tale situazione geo-giacimentologica verificatasi nella parte più meridionale della zona di Serrabottini si spiega con il progressivo ravvicinamento in superficie e la conseguente fusione in profondità (ad una quota sul livello del mare oscillante sui 150 m circa nel profilo C-C) delle due faglie diversamente inclinate, che vengono perciò a delimitare un cuneo costituito da un setto di filladi a cui si sovrappongono le argille scagliose. Appare perciò spiegabile come ai livelli più profondi (ad esempio ai livelli 161 e 134 della ricerca Agnese, eseguita negli anni 1954 e 1955 nella zona del Traverso Banco 3, o liv. Speranza, vedi fig. 2) i lavori minerari abbiano incontrato praticamente un solo filone, mineralizzato a pirite e calcopirite (filone dell'Agnese).

La zona filoniana di Serrabottini converge infine a sud verso l'estremità del filone di Fenice Capanne: la massa prevalentemente quarzosa affiorante rappresenterebbe, secondo il LOTTI, la fusione (o meglio, la « confusione ») del Serrabottini col Fenice, prima che di entrambi si perda, verso meridione, ogni traccia in superficie.

L'esame del materiale raccolto nelle discariche più recenti ha permesso di identificare anche per la zona filoniana di Serrabottini una paragenesi di massima, costituita da pirite in cristalli più o meno ben sviluppati, associata a calcopirite, blenda e galena in ganga quarzosa. Le caratteristiche minerografiche della mineralizzazione non si discostano troppo da quelle osservate al Fenice Capanne: la blenda, talora in aggregati fibroso-raggiati, appare ricca di inclusioni di calcopirite, e viene sostituita in genere da quest'ultimo solfuro e da galena. Alla calcopirite si associano frequenti plaghette di tetraedrite probabilmente argentifera, con colore di riflessione grigio-giallastro, accompagnata talora da minute inclusioni di boulangerite. In una sezione lucida sono state osservate, entro la calcopirite, tracce di bismutinite: nel medesimo preparato, sono state riscontrate anche piccole inclusioni di ilvaite nel quarzo. Quest'ultimo presenta caratteri strutturali analoghi a quelli del quarzo di Fenice Capanne e si sviluppa spesso in meta-cristalli nei minerali metallici associati. Le tessiture filoniane riscontrate nei campioni prelevati sono soprattutto « a listato » e brecciolare, quest'ultima rappresentata da frammenti di scisti sericitico-quarzosi, con tracce di grafite e rutilo, cementati da quarzo e solfuri (fig. 10 h).

### Osservazioni conclusive.

Nel riassumere le caratteristiche della zona filoniana ora descritta, ci limiteremo ad alcune considerazioni che mettono in evidenza le particolarità del processo metallizzante locale e che, senza aver la pretesa di risolvere alcun problema genetico a carattere generale, confermano tuttavia l'interesse dello studio statistico e comparato, tuttora in svolgimento, delle mineralizzazioni a solfuri misti « tipo Fenice Capanne », così numerose nella regione circostante la città di Massa Marittima.

Lo studio geogiacimentologico e minerografico ha messo in luce il regolare sovrapporsi di una *distribuzione zonale* piuttosto distinta (che però, ovviamente, possiamo considerare per il momento solo parziale) della mineralizzazione filoniana a « controlli » tettonico-struttu-

rali notevolmente variabili entro limiti spaziali assai ristretti. La zonalità, di tipo orizzontale (tutti i lavori minerari essendosi arrestati più o meno alla quota di m 100 s.m. senza che siano state riscontrate variazioni paragenetiche in profondità), converge su di un «centro caldo» localizzato lungo una fascia a direzione all'incirca SO-NE, che decorre dalle antiche miniere di Pozzoia (LOTTI, 1893) alla zona del Fenice Capanne (Capanne Vecchie-Pozzo Salerno) sino alla sottostante Val Castrucci: in tutte queste zone sono stati osservati infatti *skarn pirossenico-epidotici* associati alla mineralizzazione filoniana incassata nelle argille scagliose. Al Pozzo Salerno essi sono rappresentati da masse a struttura fibroso-raggiata di prevalente hedenbergite manganesifera di color verde cupo, associata a minori quantità di un pirosseno di tipo salitico, pistacite, quarzo, calcite e minerali metallici. Gli skarn di Val Castrucci sono stati illustrati petrograficamente da V. NOVARESE (in LOTTI, 1893), che ne ha distinto tre tipi: a) banchi pirossenico-epidotici mineralizzati, costituiti essenzialmente da quarzo, epidoto e minerali metallici (ematite e pirite); b) skarn a pirosseni di dimensioni millimetriche, rari epidoti, abbondante calcite, quarzo, ematite e pirite; c) strati calcareo-argillosi trasformati in skarn presso la massa filoniana quarzoso-cuprifera costituiti essenzialmente da quarzo a grana minuta, in masserelle compatte, in cui si trovano dispersi cristalli più o meno corrosi di epidoto, pirosseno e minerali metallici. Proseguendo lungo la fascia a direzione NE da noi citata, si arriva (fig. 1) alle manifestazioni metallifere di Poggio al Montone, ove LOTTI (1893) cita pure la presenza di skarn epidotico-pirossenici, sempre nella formazione delle argille scagliose incassanti.

Il legame spaziale di questi skarn con un tipo di mineralizzazione parageneticamente «congruente» è stato da noi riscontrato al Pozzo Salerno, ove l'associazione *ematite lamellare-magnetite (mushketovite)-pirite-calcopirite di alta temperatura-bismutinite-bismuto nativo* appare ben rappresentata. Ci si consenta a questo punto di sottolineare alcune analogie *mineralogiche* fra questi ed altri skarn metalliferi della Toscana, in cui il silicato tipico è l'hedenbergite manganesifera, indipendentemente dalla loro posizione geologico-strutturale:

— *ematite lamellare, parzialmente o totalmente trasformata in magnetite e associata ad altri solfuri (pirite, pirrotina, arsenopirite, calcopirite)*: Capo Calamita (Isola d'Elba), COCCO e GARAVELLI, 1954; Ortano (Isola d'Elba), GOTTARDI, 1962, BODECHTEL, 1965; Ritorto, OLI-

VERO, 1963; M. Argentario, Rigoloccio, Niccioleta, BODECHTEL, 1965; Isola del Giglio (diverse sezioni lucide della collezione dell'Istituto di Mineralogia di Padova);

— *calcopirite di alta temperatura, con bismutinite e bismuto nativo*: calcopirite associata in piccole quantità alle masse di ematite lamellare, in vario grado trasformata in magnetite, di Capo Calamita: questa calcopirite è stata localmente constatata ricca di inclusioni stellari di blenda (sezione lucida n. 281 della collezione dell'Istituto di Mineralogia di Padova); calcopirite (con stelle di ZnS) e galenobismutite ( $\text{PbBi}_2\text{S}_4$ ) negli skarn a ilvaite ed hedenbergite di Campiglia Marittima (LOPEZ-RUIZ, BARTHOLOMÉ e ÉVRARD, 1969); bismutinite, in «...rari e sottilissimi prismetti aghiformi, interclusi nella ematite compatta, con pirite e calcopirite», segnalata da TACCONI (1904) nell'antico filone cuprifero delle Merse (Boccheggiano). La bismutinite è stata infine rinvenuta in piccole concentrazioni e descritta da G. MARINELLI (1959) al Cantiere Falcacci a Rio Marina (Isola d'Elba). Il solfuro si associa a pirite in cristalli sino a 10 cm di lato, presentandosi in fitti aciculi assieme ai suoi prodotti d'alterazione, quali bismocelite e subordinata bismutite. Due dati ci sembrano di notevole interesse: la presenza nella bismutinite, analizzata chimicamente da MARINELLI, di quantità insolite di Sb ed Ag, e la sua posteriorità paragenetica rispetto all'associazione pirite+ematite, fatto da noi riscontrato anche al Fenice Capanne.

La paragenesi a «skarn» non è mai disgiunta, come abbiamo visto, da associazioni mineralogiche di tipo più francamente idrotermale: alla paragenesi cupro-bismutifera si accompagnano infatti blenda, galena e solfosali particolarmente abbondanti (tetraedrite, bournonite, boulangérite). Secondo TACCONI (1904) al filone cuprifero delle Merse particolarmente frequente era la tetraedrite argentifera (freibergite); nelle mineralizzazioni «tipo Fenice Capanne» della regione a nord di Massa Marittima il LOTTI (1893) cita spesso la presenza in quantità notevoli dello stesso solfosale. Di epoca più recente sono le segnalazioni di berthierite nella miniera Marchi di Ravi, Gavorrano (FORNASERI, 1941) e di tetraedrite negli skarn della Valle dei Lanzi-Valle del Temperino (BERTOLANI, 1958). Non ci sembra fuori luogo ricordare qui anche le piccole quantità di galena e blenda riscontrate da MARINELLI (1959) al Cantiere Falcacci nonché le concentrazioni di galena argentifera del vicino Cantiere Rosseto, sempre a Rio Marina: secondo MARINELLI questi solfuri rappresenterebbero le «code» idrotermali di alta tempe-

ratura della mineralizzazione essenzialmente pneumatolitico-idrotermale del grande giacimento di Rio Marina. In questo quadro vanno pure inserite le trasformazioni dei silicati degli skarn in quarzo, calcite, cloriti ferrifere, segnalati anche in altre zone minerarie toscane (FEDE-RICO e FORNASERI, 1953).

Della zona a nord di questa fascia di skarn a mineralizzazione essenzialmente cuprifera nulla possiamo dire per il momento, se si eccettua la ricerca di Poggio al Guardione ove la mineralizzazione appare ancora costituita da calcopirite e pirite, in ganga quarzosa a grana grossa.

A sud degli skarn di Pozzoia-Capanne Vecchie-Val Castrucci la mineralizzazione assume invece progressivamente caratteri che la situano nello schema classico meso-epitermale. Il carattere più saliente per quanto riguarda la zonalità è il mutare del carattere geochimico: alla paragenesi ancora prevalentemente cuprifera della zona delle Capanne Vecchie-Poggio Bindo si sostituisce *una mineralizzazione essenzialmente a Zn-Pb con rame subordinato* (zona dell'Accesa). Qui i fenomeni di silicizzazione, meno intensi nelle zone di skarn precedentemente descritte, divengono imponenti, analoghi a quelli descritti da DESSAU (1951/52) per i giacimenti di antimonio ed altri metalli dei Monti Romani in comune di Manciano (Grosseto): ad essi si accompagnano locali processi di alunitizzazione (di cui sarebbero testimonianza le antiche « allumiere » dei Cavoni, presso Serrabottini, sfruttate nel XIV° secolo ai tempi del Granduca Cosimo I) e le formazioni di masse travertinose che CENTAMORE (in BERTINI et al., 1969) pone in relazione con sorgenti termali (*caldane*). La mineralizzazione è caratterizzata dalla grana quasi sempre molto fine e dalla costante microimplicazione dei costituenti. Schematizzando, queste sono le caratteristiche mineralogiche più salienti rilevate da nord a sud lungo i 1000 m circa di estensione longitudinale del Filone dell'Accesa:

— zona Ravenni (livelli 182 e 101): presenza di notevoli quantità di calcopirite associata a galena spatica e frequentemente a blenda compatta, rosso-bruna, a grana grossa, in mineralizzazioni a struttura massiccia; localmente, piccole quantità di bismutinite priva di bismuto nativo;

— zona Rossa (livelli 182, 134, 101): diminuzione della calcopirite ed aumento generale della blenda nera a struttura fibroso-raggiata, ricchissima d'inclusioni di calcopirite. Questo particolare tipo di blenda

venne classificato dapprima da MANASSE (1918) come wurtzite, sebbene riccamente ferrifera ( $ZnS: FeS = 5:1$ ) e simile alla « blenda fibrosa » di Přebram in Boemia. Anche a Spannocchia, nella Montagnola Senese, lo stesso Autore aveva rinvenuto la wurtzite in aggregati lamellari-raggiati o fibroso-raggiati, di color giallo chiaro, a lucentezza tipicamente resinosa. Entrambi i minerali sono però stati successivamente definiti da RODOLICO (1930) come blenda, e tale viene classificata da ARTINI la varietà fibrosa dell'Accesa (1941). Nella mineralizzazione già descritta in dettaglio più addietro, a blenda fibrosa accompagnata macroscopicamente da blenda marmatitica granulare, galena argentifera, pirite e calcopirite, queste ci sembrano le particolarità paragenetiche degne di rilievo rilevate nel corso dello studio mineralografico:

— la presenza, abbastanza costante sebbene sempre dell'ordine microscopico, dell'associazione *ilvaite-quarzo-ematite-pirite*: la presenza di ilvaite in masse di ben altra consistenza negli skarn di Campiglia Marittima e dell'Isola d'Elba è ben nota, e le condizioni di stabilità fra questo silicato ed i principali minerali che ad esso si accompagnano negli skarn di cui sopra sono state analizzate in dettaglio da BARTHOLOMÉ e DIMANCHE (1967). Sulla base di approfondite considerazioni chimico-fisiche sulla stabilità dell'associazione ilvaite-quarzo-magnetite questi Autori giungono alla conclusione che la maggior parte delle associazioni paragenetiche contenenti ilvaite si formano (con parametri T°-P scelti arbitrariamente) in condizioni ambientali ove  $H_2O$  e  $CO_2$  risultano dei componenti perfettamente mobili. L'associazione ilvaite+ematite in quarzo da noi osservata (fig. 8 f) è simile a quella illustrata da KRAUSE (1960, fig. 2) e citata da BARTHOLOMÉ e DIMANCHE (p. 540); BROWN (1936) ha osservato concrescimenti colloformi di ematite e ilvaite a Balmat (N.Y.); per la stessa località RAMDOHR (1969) giudica sorprendente, e dovuta probabilmente ad un fenomeno di ricorrenza, la posizione paragenetica dell'ilvaite più recente di quella della wurtzite. Che l'ilvaite si possa generare in condizioni idrotermali, anche di bassa temperatura, è noto (dati bibliografici riportati in BARTHOLOMÉ e DIMANCHE, 1967, p. 535): la formazione dell'associazione ilvaite-ematite sembra dovuta, secondo gli stessi Autori, a condizioni d'ambiente con fugacità di  $H_2O$  maggiore di quella che si verifica durante la formazione degli skarn, o a temperature inferiori. Anche la coppia ilvaite-pirite può derivare (p. 546) da condizioni di fugacità di  $H_2O$  suffi-

cientemente elevate perchè la reazione  $\text{hedenbergite} + \text{magnetite} + \text{pirrotina} + \text{acqua} = \text{ilvaite} + \text{pirite}$  proceda verso destra. Bisogna comunque notare che la presenza simultanea di tutti i minerali metallici implicati in questa reazione si verifica, per quanto riguarda la Toscana meridionale, solo nel giacimento di Ortano all'Elba (COCCO e GARAVELLI, 1954; GOTTARDI, 1962);

— *la trasformazione pseudomorfa ematite lamellare-magnetite* sembra, proprio in questa zona del giacimento a carattere francamente idrotermale e dominata parageneticamente dai solfuri, statisticamente più completa (figg. 9 a, b): ricordiamo che una totale magnetitizzazione è stata osservata anche negli aggregati di ematite associati alla paragenesi idrotermale, più tardiva, a quarzo, calcite e solfuri degli skarn del Pozzo Salerno (fig. 5 f). Le dimensioni degli aggregati lamellari sono inoltre notevolmente inferiori a quelle raggiunte dalla stessa associazione al Pozzo Salerno (si confrontino gli ingrandimenti delle figure 5 a e 5 f): è stata inoltre frequentemente notata magnetite di neoformazione (fig. 9 g). Negli skarn lo spostamento dell'equilibrio verso la magnetite a sfavore dell'ematite, in condizioni di temperatura elevata, può essere provocato da una pressione ambientale di  $\text{O}_2$  molto bassa (Capo Calamita, COCCO e GARAVELLI, 1954). Per quanto riguarda il quadro parageneticamente piuttosto complicato e a solfuri prevalenti che caratterizza il giacimento di Fenice Capanne vorremmo però suggerire che la formazione di «mushketovite», non infrequente anche in depositi idrotermali soprattutto di tipo subvulcanico (SEKINE, 1959; OTSU, 1960; OTSU e HARADA, 1963; OMENETTO, 1968), debba attribuirsi ad una ben maggiore variabilità ed instabilità delle condizioni chimico-fisiche d'ambiente (pressione parziale non solo dell'ossigeno, ma anche del S di cui erano localmente ricche le soluzioni da cui venivano gradualmente separandosi i solfuri di Zn, Pb e Cu, pH delle soluzioni, potenziale di ossido-riduzione);

— *arsenopirite* ubiquitaria ed in cristalli di dimensioni anche piuttosto notevoli (fig. 8 g): l'associazione stretta con la paragenesi mesoepitermale non giustifica a nostro avviso per questo solfuro il carattere «caldo» che normalmente gli viene attribuito (e tanto meno i  $500^\circ\text{C}$  fissati da GOTTARDI, 1962, per la temperatura di formazione dell'arsenopirite del Tignitoio, inserita comunque in tutt'altra associazione paragenetica). Riteniamo tuttavia, come uno di noi ha già fatto osservare in un precedente lavoro (OMENETTO e DETOMASO, 1970), che

l'arsenopirite potrebbe venir utilizzata per stabilire le condizioni di pressione in cui si è sviluppato il processo metallizzante locale. Come riferiscono infatti BARTON e SKINNER (1967) la composizione delle arsenopiriti naturali varia fra  $\text{FeAs}_{0,9}\text{S}_{1,1}$  e  $\text{FeAs}_{1,1}\text{S}_{0,9}$ , come è stato stabilito da MORIMOTO e CLARK. Secondo CLARK il rapporto As/S delle arsenopiriti sintetiche è molto sensibile alle variazioni della pressione totale: questo Autore prospetta perciò a possibilità di utilizzare la composizione chimica del solfuro in geobarometria piuttosto che in geotermometria. E' evidente come la definizione attendibile del parametro pressione potrebbe contribuire al corretto inquadramento giacimentologico non solo del giacimento di Fenice Capanne ma anche di altre importanti mineralizzazioni della zona maremmana, ove l'arsenopirite è stata da noi osservata durante indagini preliminari;

— *piriti « colloformi » e « framboideali »*: le strutture osservate si avvicinano notevolmente a quelle descritte da LOVE e AMSTUTZ (1969) nelle andesiti permiane di Plötz, Halle (Germania) e nelle lave e breccie andesitiche di Antachajra (Perù), e definite come « pyrite clusters »;

— fra i minerali di ganga, ricordiamo la presenza di *fluorite*, ritrovata, sebbene in piccole quantità, anche nel filone cuprifero delle Merse, a Boccheggiano (TACCONI, 1904). Non abbiamo ritrovato invece, al Fenice Capanne, la baritina associata a calcopirite e pirite, rinvenuta nello stesso filone delle Merse (TACCONI, 1904) e descritta dal VIOLA (C. VIOLA: *Appunti su minerali italiani. I. La baritina di Boccheggiano in provincia di Grosseto*, 1909).

Abbiamo volentieri indugiato sulla trattazione particolareggiata della mineralogia del giacimento di Fenice Capanne e sulle sue analogie con altre associazioni paragenetiche di depositi diversi facenti parte della medesima provincia metallifera: questo ci è infatti sembrato utile ai fini di stabilire, dopo uno studio statistico e comparato di tutte le manifestazioni a solfuri misti della Toscana meridionale, un quadro metallogenico il più possibile organico ed attendibile. D'altro canto, data l'area limitata da noi presa in esame in questo studio, sarebbe assurdo, come già dicemmo, voler trarre conclusioni di carattere generale. Quello che si può dire, in breve, è questo: la zona mineraria di Fenice Capanne rappresenta dal punto di vista geotettonico una grossa zolla sollevata, interessata da una serie di faglie di distensione a direzione appenninica ed immersione prevalentemente orientale, sede locale di mineralizzazioni affioranti a solfuri misti di

Zn, Pb e Cu sfruttate sino al livello di q. 100 m.s.m. all'incirca. Questo quadro geotettonico è lo stesso che si può riscontrare a Gavorrano, Niccioleta, Boccheggiano e Castel di Pietra. Ora, in tutte queste zone (quella di Fenice Capanne inclusa) le ricerche minerarie più recenti<sup>(1)</sup> hanno riscontrato in profondità, nella formazione filladica, la presenza di rocce di tipo cornubianitico, analoghe a quelle rilevate, in seno alla stessa formazione, nell'alone termometamorfoico dell'intrusione terziaria di Gavorrano (MARINELLI, 1961 a). Le analogie esistenti fra dette cornubianiti e quelle rinvenute nelle altre zone minerarie sopracitate portano a ritenere che esse siano geneticamente ricollegabili, ed in connessione con il magmatismo anatettico toscano recente, rappresentato (MARINELLI, 1961 b; MARINELLI e MITTEMPEGHER, 1966) da un plutonismo acido seguito da un vulcanesimo acido, con manifestazioni locali a carattere effusivo e subvulcanico (rocce di composizione variabile da latitica a trachitica, particolarmente ricche in minerali femici). Pur non volendo generalizzare e senza per il momento entrare in merito al problema dei rapporti fra magmatismo e mineralizzazioni, la presenza, al Fenice Capanne, sia di importanti fenomeni di alterazione idrotermale, che si riscontrano anche a Niccioleta e Boccheggiano (ARISI ROTA e VIGHI, 1971) sia di lenti di pirite, del tutto identica a quella ben nota coltivata a Gavorrano, Niccioleta e Boccheggiano, nella zona di passaggio filladi-calcare cavernoso (presenza rilevata da recenti sondaggi) porta a considerare l'ipotesi che tutte le mineralizzazioni (a pirite e a solfuri misti di varia giacitura) siano in qualche modo geneticamente ricollegabili. La esatta definizione di questo legame genetico potrà essere fornita solo da uno studio sistematico su scala regionale, spinto sino all'estremo dettaglio, cosa che ci ripromettiamo di fare nel futuro in stretta collaborazione con il Servizio Ricerche Minerarie della Società Montedison. Per quanto riguarda le mineralizzazioni a solfuri misti « tipo Fenice Capanne », ci si consenta di esprimere l'opinione che anche l'analisi, pur parziale per ragioni logistiche, di *tutte* le manifestazioni relative, corredata ove possibile da adeguate osservazioni geologiche e geominerarie, potrà nel futuro offrire un contributo all'inquadramento corretto dei complessi fenomeni metallogenici che hanno interessato la Toscana meridionale marittima ed insulare.

---

(<sup>1</sup>) Le notizie che seguono ci sono state gentilmente fornite dal Prof. L. VIGHI.

## BIBLIOGRAFIA

- ARISI ROTA F. e VIGHI L., 1971 - *La Toscana meridionale. Fondamenti geologico-minerari per una prospettiva della valorizzazione delle risorse naturali*. In corso di stampa sui Rendic. della Soc. It. di Min. Petrol.
- ARTINI E., 1941 - *I Minerali*. Ed. Hoepli, Milano.
- BARTHOLOMÉ P. e DIMANCHE F., 1966/67 - *On the paragenesis of ilvaite in italian skarns*. Ann. Soc. Géol. de Belgique, 90, 5, 532-564.
- BARTON P. B. Jr. e SKINNER B. J., 1967 - *Sulfide mineral stabilities*. In « Geochemistry of hydrothermal ore deposits », H. L. Barnes Ed., 236-333.
- BERTINI M., CENTAMORE E., JACOBACCI A. e NAPPI G., 1969 - *Foglio 127 « PIOMBINO » alla scala 1:100.000: Note illustrative*. Serv. Geol. d'Italia, 66 p.
- BERTOLANI M., 1958 - *Osservazioni sulle mineralizzazioni metallifere del Campi-gliese (Livorno)*. Per. di Miner., 27, 2-3, 311-344.
- BODECHTEL J., 1963 - *Die Hämatit-Magnetitparagenese in den Eisenerzen der Toskana und der Insel Elba und ihre genetische Deutung*. Fortschr. Min., 41, 168-169.
- BODECHTEL J., 1965 - *Zur Genese der Eisenerze der Toskana und der Insel Elba*. N. Jb. Min. Abh., 103, 2, 147-162.
- BORSI S., FERRARA G. e MAZZUOLI R., 1965 - *Studio petrografico e datazione con i metodi K/Ar e Rb/Sr di una roccia granitica presso Roccastrada (Grosseto)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., A, 72, 24 p.
- BRANDI G. P., DALLAN L., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., SQUARCI P., TAFFI L. e TREVISAN L., 1968 - *Foglio 119 « MASSA MARITTIMA » alla scala 1:100.000: Note Illustrative*. Serv. Geol. d'Italia, 65 p.
- BROWN J. S., 1936 - *Supergene sphalerite, galena and willemite at Balmat, N.Y.* Econ. Geol., 31, 331-354.
- CENTAMORE E., 1967 - *Primi risultati del rilevamento geologico di alcune tavolette del F° 127 « Piombino » (Toscana)*. Boll. del Serv. Geol. d'Italia, 88, 3-25.
- COCCO G. e GARAVELLI C., 1954 - *Studio di alcuni problemi geochimici relativi al giacimento di ferro di Capo Calamita (Elba)*. Rendic. Soc. Min. It., 10, 269-350.
- CORPO DELLE MINIERE, *Relazioni sul Servizio Minerario e Statistica delle Industrie estrattive in Italia. Anni 1882-1957*, 1963, 1964.
- D'ACHIARDI A., 1873 - *Mineralogia della Toscana*. Pisa.
- DEER W. A., HOWIE R. A. e ZUSSMAN J., 1963 - *Rock-forming minerals. Vol. II - Chain Silicates*. Clowes W. & S. Ed., 379 p.
- DESSAU G., 1951/52 - *Geologia e depositi di antimonio e di altri metalli del Gruppo dei Monti Romani (Comune di Manciano, Maremma Toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., 70, 64 p., 1 carta geologica alla scala 1:25.000.
- FEDERICO M. e FORNASERI M., 1953 - *Fenomeni di trasformazione dei pirosseni dei giacimenti ferriferi dell'Isola d'Elba*. Per. di Miner., 22, 107-127.

- FORNASERI M., 1941 - *Berthierite della miniera Marchi di Ravi (Gavorrano)*. Rendic. Soc. Min. It., 1, 1 p.
- GOTTARDI G., 1962 - *Solfuri e ossidi di ferro nel giacimento di Ortano (Isola d'Elba)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., A, 15 p.
- KRAUSE H., 1960 - *Über Lievrit aus dem Huttal bei Clausthal*. N. Jb. Min. Abh., 94 (Festband Ramdohr), 1277-1283.
- JERVIS G., 1873/74 - *I tesori sotterranei dell'Italia*. Ed. Loescher, Torino.
- LOPEZ-RUIZ J., BARTHOLOMÉ P. e ÉVRARD P., 1969 - *La galenobismuthine dans les skarns de Campiglia Marittima, province de Livourne, Italie*. Ann. de la Soc. Géol. de Belgique, 92, 397-406.
- LOTTI B., 1893 - *Descrizione geologico-mineraria dei dintorni di Massa Marittima in Toscana*. Mem. Descr. della Carta Geologica d'Italia, 8, 171 p., 1 carta geologica alla scala 1:50.000.
- LOVE L. G. e AMSTUTZ G. C., 1969 - *Framboidal pyrite in two andesites*. N. Jb. Miner. Mh., Jg. 1969, H. 3, 97-108.
- MANASSE E., 1918 - *Celestina e wurtzite di Spannocchia nel Senese*. Estr. dai Proc. Verb. della Soc. Tosc. Sci. Nat., 26, 4, 7 p.
- MARINELLI G., 1959 - *I minerali di bismuto del Cantiere Falcacci a Rio Marina (Isola d'Elba)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., 66, A, 337-352.
- MARINELLI G., 1959a - *Le intrusioni terziarie dell'Isola d'Elba*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., A, 46, 50-253, 6 Tavv.
- MARINELLI G., 1961a - *L'intrusione terziaria di Gavorrano*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., 48, A, 117-193.
- MARINELLI G., 1961b - *Genesi e classificazione delle vulcaniti recenti toscane*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., 48, A, 74-116.
- MARINELLI G., 1963 - *L'énergie géothermique en Toscane*. Ann. Soc. Géol. de Belgique, 85, 10.
- MARINELLI G. e MITTEMPERGER M., 1966 - *On the genesis of some magmas of typical mediterranean (potassic) suite*. Bull. Volc., 29, 113-140.
- OLIVERO S., 1963 - *Osservazioni sul giacimento di pirite del Ritorto (Massa Marittima)*. Boll. Soc. Geol. It., 82, 1, 125 p.
- OMENETTO P., 1968 - *Il giacimento ferrifero della Pamera presso Roncigno (Valsugana)*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 26, 38 p., 5 Tavv.
- OMENETTO P. e DETOMASO G., 1970 - *Le mineralizzazioni filoniane a solfuri misti della zona di Piné (Trento)*. L'Ind. Min. nel Trentino-Alto Adige, Vol. III, n. 1-2, 23 p., 3 Tavv.
- OTSU H., 1960 - *Thermodynamical study on the formation of some iron minerals under the hydrothermal environment*. Bull. Geol. Surv. Japan, 11, 555-575.
- OTSU H. e HARADA H., 1963 - *On the mode of occurrence of hydrothermal iron oxide minerals in « green tuff » region*. Bull. Geol. Surv. Japan, 14, 579-590.
- PILLA L., 1845 - *Sopra la ricchezza minerale della Toscana*. Pisa.
- QUATTROCIOCCHI T., 1951 - *Nota sul ritrovamento di pirite entro gli scisti di letto della miniera di Niccioleta*. Boll. del Serv. Geol. d'Italia, 73, 79-84.

- RAMDOHR P., 1969 - *The ore minerals and their intergrowths*. 1174 p., Pergamon Press.
- RODOLICO F., 1930 - *La supposta wurtzite di Spannocchia e dell'Accesa (Toscana)*. Per. di Miner., 1, 3, 8 p.
- SAVI P., 1847 - *Miniere di Rigo all'Oro, Val Castrucci ecc.* Firenze.
- SEKINE Y., 1959 - *Ueber das Vorkommen von Magnetiten in den subvulkanisch-hydrothermalen Cu-Pb-Zn-Sn-W-Erzgängen der Grube Akenobe, Japan*. N. Jb. Min. Abh., 93, 2, 220-239.
- SIGNORINI R., 1946/47 - *Cenni preliminari su un rilevamento nella Val di Merse*. Boll. Soc. Geol. It., 65.
- SIGNORINI R., 1962 - *Sguardo d'insieme alla geologia della Toscana a sud dell'Arno*. Mem. Soc. Geol. It., 4.
- SIGNORINI R., 1966 - *Il Verrucano della Toscana meridionale*. Atti del Symp. sul Verrucano, Pisa 1965, 55-71.
- SIGNORINI R., 1967 - *Foglio 120 «SIENA» alla scala 1:100.000: Note Illustrative*. Serv. Geol. d'Italia, 42 p.
- TACCONI E., 1904 - *Note mineralogiche sul giacimento cuprifero di Boccheggiano*. Rendic. R. Acc. Lincei, 13, 7, 337-341.
- TREFZGER E. F., 1954 - *Über die Schwefelkies-Lagerstätten der toskanischen Maremma*. N. Jb. Min. Mh., 73-95.
- TREVISAN L., 1955 - *Il Trias della Toscana e il problema del Verrucano triassico*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., 42, 30 p.
- VIGHI L., 1958 - *Sulla serie triassica «Cavernoso-Verrucano» presso Capalbio (Orbetello-Toscana) e sulla brecciatura tettonica delle serie evaporitiche, «rocce madri» del Cavernoso*. Boll. Soc. Geol. It., 77, 1, 221-235.
- VIGHI L., 1966 - *Descrizione di alcuni sondaggi che hanno attraversato lenti anidritico-dolomitiche intercalate alle filladi triassiche (Verrucano) dei dintorni di Massa Marittima (Grosseto-Toscana)*. Atti del Symp. sul Verrucano, Pisa 1965, 72-95.
- VIGHI L., 1971 - *Un nuovo ritrovamento di pirite nella Maremma Toscana: il giacimento di Campiano, presso Boccheggiano*. «L'Industria Mineraria», 22, 3 p., gennaio 1971.

## CARTE GEOLOGICHE

- Foglio 119 «MASSA MARITTIMA» della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. II<sup>a</sup> Edizione, A.L.I., Roma, 1967.
- Foglio 127 «PIOMBINO» della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. II<sup>a</sup> Edizione, Ist. It. Arti Grafiche, Bergamo, 1968.