

## GIACIMENTI SOLFUREI MASSIVI

Le mineralizzazioni di Corchia fanno parte di una grande categoria di giacimenti a solfuri massivi, detti idrotermali perché consistono nella precipitazione di metalli come solfuri da soluzioni calde, che circolano vicino a centri magmatici attivi in ambienti marini relativamente profondi. Si tratta di giacimenti a solfuri di Cu e Zn ( $\pm$  Pb e Au) che si sono formati durante episodi di maggiore orogenesi nella storia della Terra. Le rocce ospiti sono rocce vulcaniche sottomarine, più raramente rocce sedimentarie di mare profondo intercalate con rocce vulcaniche.

Le mineralizzazioni a solfuri di Corchia sono associate alle ofioliti, resti di crosta oceanica con caratteristica stratigrafia da rocce sedimentarie a basalti a rocce di mantello, dall'alto verso il basso.

Le mineralizzazioni dei giacimenti a solfuri massivi associati a ofioliti, prevalentemente a Cu e Zn, si trovano in genere all'interno dei basalti a pillows (strutture dovute a emissione di lava in ambiente sottomarino) o al contatto basalto-sedimento. Nel caso dei depositi dell'Appennino settentrionale si possono trovare anche come livelli a forma di strato alla sommità delle rocce di mantello, coperte dai basalti a pillow, o come vene che attraversano le varie rocce della sequenza ofiolitica.

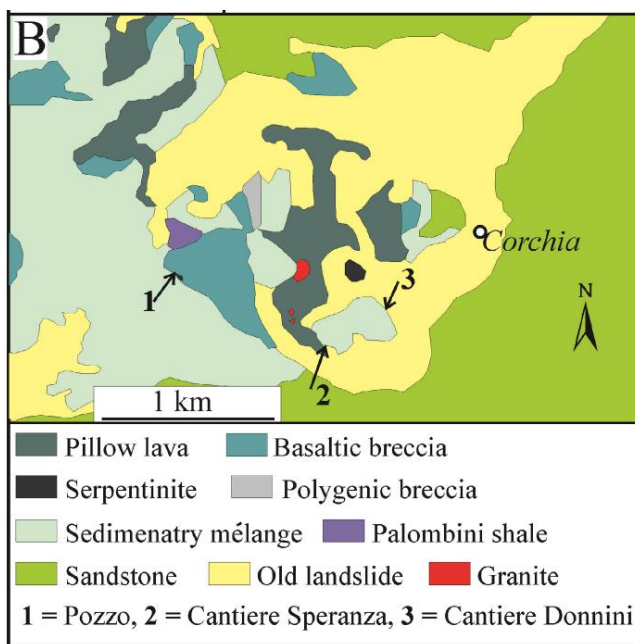


Fig. 1 – Mappa geologica della ofiolite di Corchia e posizione dei tre principali corpi mineralari (Zaccarini e Garuti, 2013)

Come si formano tali depositi o mineralizzazioni?

I fluidi coinvolti sono rappresentati soprattutto dall'acqua marina, ma non manca anche una componente fluida proveniente dal magma, anche se meno importante. In particolare l'acqua marina, passando attraverso le rocce della crosta, si arricchisce dei metalli in esse contenuti. Trattandosi di rocce mafiche, cioè ricche in Fe, i fluidi si arricchiranno non solo di questo metallo, ma anche di tutti gli altri metalli che "preferiscono" queste rocce; questi sono soprattutto Cu e Zn, ma anche Ni, Co, Au, Ag. La maggior parte di questi metalli ha una forte tendenza a legarsi con lo zolfo. In questi giacimenti la sorgente dello zolfo è la stessa acqua marina, che fornisce tale legante

come solfato. La riduzione da solfato a solfuro avviene per interazione tra fluido (acqua marina più ioni in soluzione) e roccia prima della emissione.

Apparentemente il processo può sembrare semplice, nella realtà è il risultato di tutta una serie di processi geochimici. Cercherò di descriverli nel modo più semplice possibile. L'acqua marina è fredda e alcalina (2°C, pH 7.8 circa), e in queste condizioni non è in grado di dissolvere i minerali delle rocce. Ma quando penetra in profondità attraverso le fratture della crosta oceanica si riscalda per la presenza di un magma nelle vicinanze e si arricchisce di CO<sub>2</sub> proveniente dal magma stesso, diventando più acida. Aumentando temperatura e acidità (diminuzione del pH) reagisce con le rocce che attraversa: si creano così nuovi minerali e alcuni metalli vanno in soluzione legandosi con Cl<sup>-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> presenti nell'acqua marina (si forma così una soluzione). Durante l'interazione con le rocce che attraversa, la soluzione perde ossigeno per la formazione dei nuovi minerali che hanno sostituito quelli originali della roccia. Diventa così una soluzione con pochissimo ossigeno (riducente) e lo ione solfato diventa ione solfuro. Riscaldandosi (anche fino a 350°C) la soluzione diventa meno densa e tende a risalire fino alla superficie. Raggiunta la superficie, fuoriesce e si mescola con l'acqua marina, e i solfuri dei vari metalli tendono a precipitare.

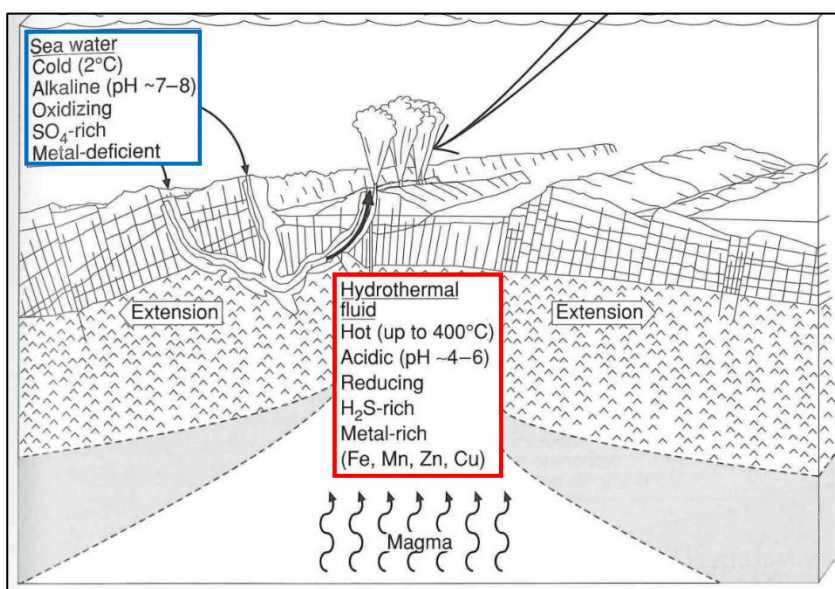


Fig. 2 – Caratteristiche dell'acqua marina e del fluido idrotermale responsabili delle mineralizzazioni a solfuri massivi e modello di circolazione dei fluidi nella crosta oceanica (Robb, 2010)

## LE MINERALIZZAZIONI DI CORCHIA

Le mineralizzazioni a solfuri di Corchia sono corpi a forma di strato con caratteristiche diverse da un corpo all'altro. Nei corpi minerali dei Cantieri Donini e Speranza, i più importanti, le mineralizzazioni si trovano al contatto tra basalti-roccie sedimentarie e consistono in pirite (FeS<sub>2</sub>), calcopirite (CuFeS<sub>2</sub>), sfalerite (ZnS) con aspetto massivo, detritico e biogenico (sostituzione di gusci di fossili); i minerali cosiddetti di ganga (cioè associati ai minerali utili contenenti metalli) sono quarzo, clorite, carbonati, minerali argillosi. La mineralizzazione di Pozzo si trova nelle rocce del mantello e consiste in pirite (FeS<sub>2</sub>), calcopirite (CuFeS<sub>2</sub>), molibdenite (MoS<sub>2</sub>) con aspetto massivo; i minerali di ganga sono serpentino e clorite. Il modo in cui si presentano i solfuri è molto importante per capire le condizioni sotto cui i minerali si sono formati. L'aspetto massivo indica una iniziale precipitazione da soluzioni idrotermali calde cariche di metalli che fuoriuscivano sul

fondo marino. La formazione dei solfuri massivi è quindi contemporanea alla emissione delle soluzioni (“mineralizzazione primaria”). Successivamente le porzioni massive hanno subito un processo di erosione e rielaborazione, probabilmente anche da parte di organismi, con possibili fenomeni di dissoluzione e riprecipitazione, per essere poi ridepositate in corrispondenza di bassi topografici non molto lontano dalla zona di emissione. In questo caso la formazione dei solfuri è successiva all’evento idrotermale (solfuri detritici, “mineralizzazione secondaria”). La deposizione primaria, di natura chimica idrotermale, sarebbe avvenuta a temperature di circa 360°C, la successiva rielaborazione e deposizione e seppellimento, a temperature < 100°C.

La presenza di minerali d’oro e argento associati ai solfuri ha contribuito ad aumentare l’interesse per le mineralizzazioni di Corchia. L’argento (Ag) si trova come solfuro nella forma di argentite o acantite ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) al Cantiere Donini o disseminato associato a sfalerite ( $\text{ZnS}$ ) al Cantiere Speranza. Qui si trova anche come freibergite con alte concentrazioni di Ag, un solfuro piuttosto complesso  $[(\text{Ag,Cu,Fe})_{12}(\text{Sb,As})_4\text{S}_{13}]$ , inclusa nella sfalerite. L’oro che si trova nei due principali siti di Corchia (Cantieri Donini e Speranza) è allo stato metallico (Au), molto puro (>98% in peso Au), in grani molto piccoli e irregolari ed è distribuito in modo irregolare nei solfuri detritici, incluso soprattutto nella pirite. Nella miniera di Pozzo, invece, forma cristalli di maggiori dimensioni (anche 100 microns) con forme da irregolari ad arrotondate o addirittura poligonali ed è distribuito in modo più uniforme.

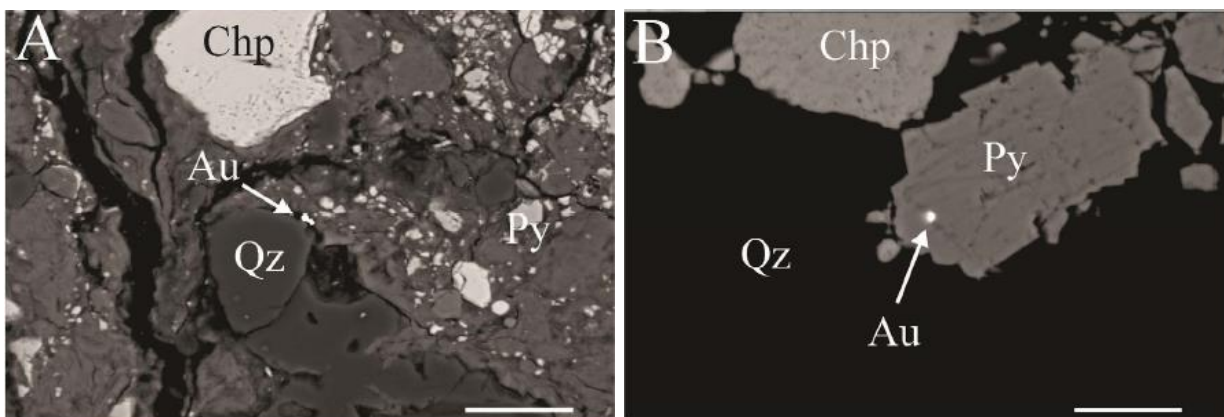


Fig. 3 - Immagini al microscopio elettronico di alcuni minerali presenti nelle mineralizzazioni di Corchia. A- Au e solfuri (Chp = calcopirite, Py = pirite) di mineralizzazione secondaria, con quarzo (Qz) come minerale di ganga. B- Au incluso in pirite di mineralizzazione primaria (Zaccarini e Garuti, 2013)

## BIBLIOGRAFIA

- Garuti G. e Zaccarini F. (2005) Minerals of Au, Ag and U in volcanic-rock-associated massive sulfide deposits of the Northern Apennine ophiolite, Italy. *The Canadian Mineralogist*, vol 43, pp. 935-950
- Robb L. (2010) Introduction to ore-forming processes. Blackwell Publishing, Oxford, p.373
- Zaccarini F. and Garuti G. (2008) Mineralogy and chemical composition of VMS deposits of northern Apennine ophiolites, Italy: evidence for the influence of country rock type on ore composition. *Mineralogy and Petrology*, vol. 94, pp. 61-83
- Zaccarini F. e Garuti G. (2013) High and low temperature gold mineralizations in the Fe-Cu-Zn sulfide deposits of Corchia ophiolite, Northern Italia Apennine. *Minerals*, vol. 3, pp. 82-93
- Zaccarini F., Garuti G., Rossi A., Carrillo-Rosúa F.J., Morales-Ruano S. & Fenoll Hach-Alí P. (2003) Application of chlorite and fluid-inclusion geothermometry to vein and stratiform Fe-Cu-Zn sulfide deposits of the Northern Appennine ophiolites (Emilia-Romagna and Liguria, Italy). *Atti Ticinesi Scienze della Terra, serie speciale*, vol. 9 (2003), pp. 109-111