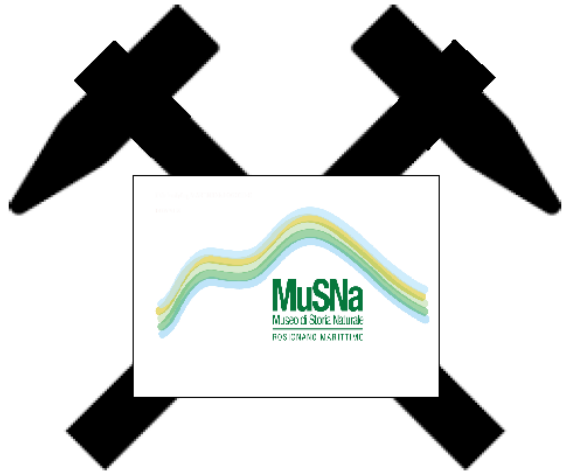
GIACIMENTI MINERARI

Modelli Metallogenici dei giacimenti minerari Toscani:
Le caratteristiche che riguardano la genesi dei giacimenti sono i modelli
geodinamici (la geochimica, la mineralogia, le strutture petrologiche, sedimentologiche, ecc.

TIPI DI GIACIMENTI :

Giacimenti a SKARN
Giacimenti da Metamorfismo regionale
Giacimenti a solfuri idrotermali
Giacimenti di Impregnazione



1° Sezioni GEO-mineralogiche di un giacimento

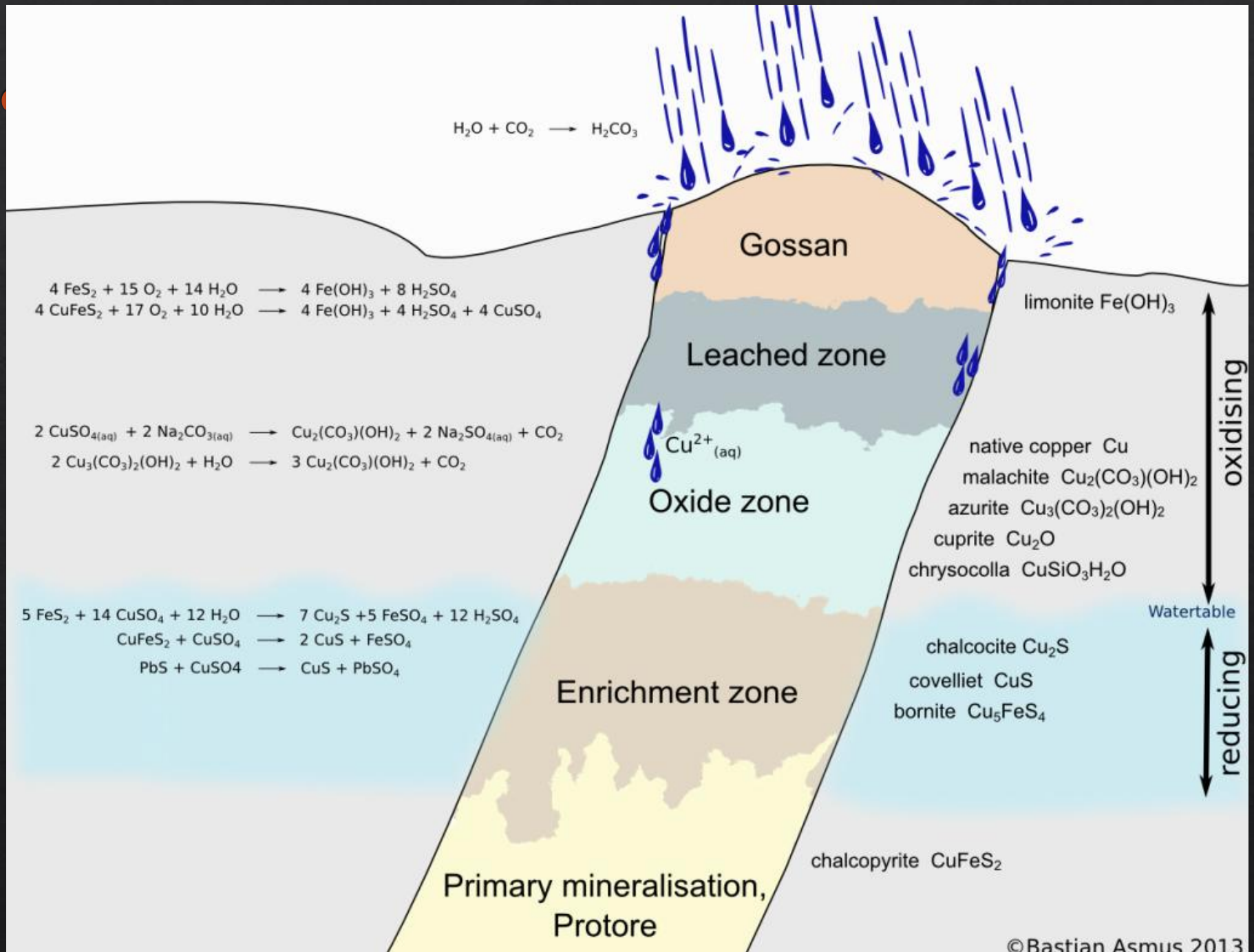
- Cappellaccio minerario : composto dagli ossidati dei metalli
- Zona di lisciviazione : attacco delle acque di falda sulle rocce ed i minerali
- Zona di ossidazione : Al di sopra della tavola d'acqua l'ambiente è ossidante mentre al di sotto è riducente: ambiente ossidante si formano minerali secondari come i solfati, i carbonati e ossidi
- Tavola d'acqua: Al livello della tavola d'acqua l'ambiente cambia da ossidante a riducente.
- Zona di arricchimento: Gli ioni dei metalli che arrivano in questo ambiente riducente formano una zona di arricchimento
- Zona primaria: La zona primaria contiene minerali primari non alterati

Un ambiente riducente è un ambiente in cui le reazioni di riduzione sono favorite, il che significa che le sostanze guadagnano elettroni. È l'opposto di un ambiente ossidante, in cui è favorita l'ossidazione (perdita di elettroni).

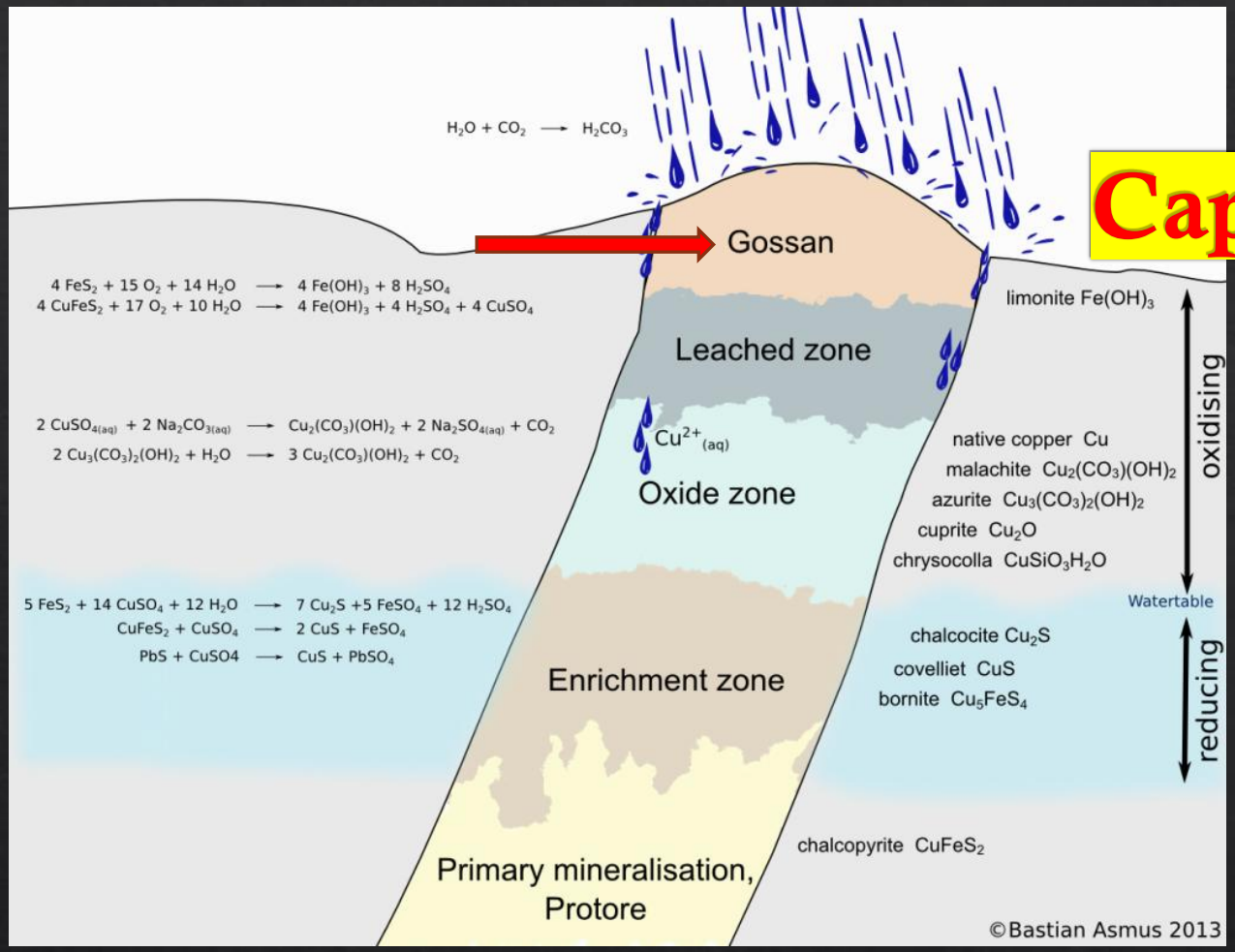
Ambiente ossidante: Un ambiente chimico in cui le sostanze hanno maggiori probabilità di perdere elettroni, portando all'ossidazione. Questo ambiente è ricco di agenti ossidanti, come ossigeno, cloro o altri accettori di elettroni.
Ambiente riducente: Un ambiente chimico in cui le sostanze hanno maggiori probabilità di guadagnare elettroni, portando alla riduzione. Questo ambiente è ricco di agenti riducenti, come idrogeno, metalli o altri donatori di elettroni.
Ruolo degli agenti ossidanti e riducenti:

Agenti ossidanti: Sono sostanze che accettano elettroni da altre sostanze, ossidandole. Esempi comuni sono l'ossigeno (O_2), il cloro (Cl_2) e il perossido di idrogeno (H_2O_2).
Agenti riducenti: Sono sostanze che donano elettroni ad altre sostanze, riducendole. Esempi comuni sono l'idrogeno (H_2), il sodio (Na) e il carbonio (C).

Giacim

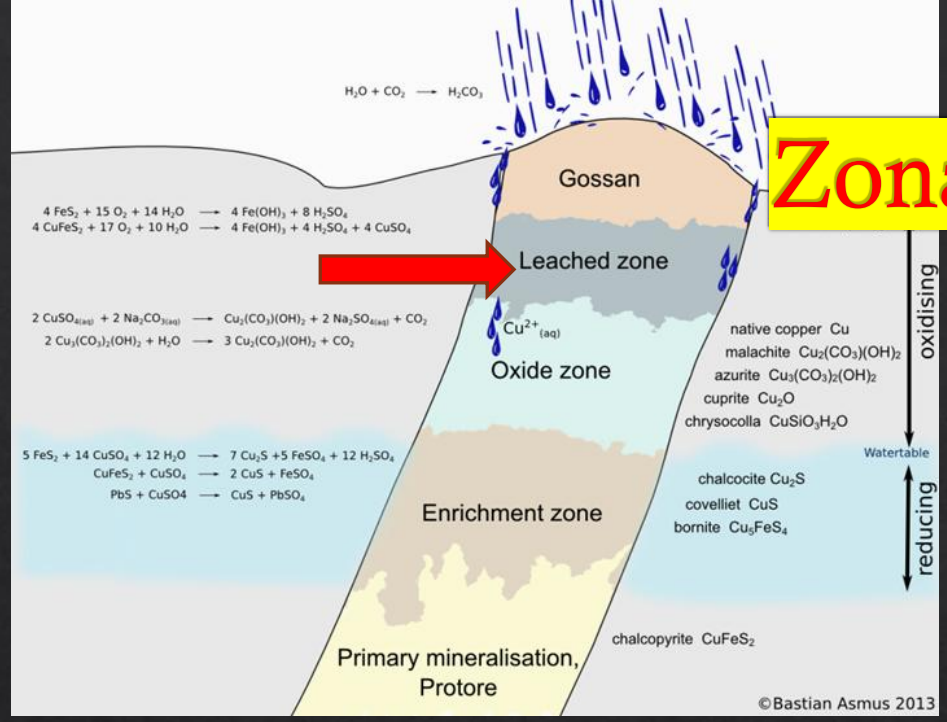

$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$
Gossan
$4\ FeS_2 + 15\ O_2 + 14\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H_2SO_4$
$4\ CuFeS_2 + 17\ O_2 + 10\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 4\ H_2SO_4 + 4\ CuSO_4$
limonite $Fe(OH)_3$
Leached zone
$2\ CuSO_{4(aq)} + 2\ Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow Cu_2(CO_3)(OH)_2 + 2\ Na_2SO_{4(aq)} + CO_2$
$2\ Cu_3(CO_3)_2(OH)_2 + H_2O \rightarrow 3\ Cu_2(CO_3)(OH)_2 + CO_2$
$Cu^{2+}_{(aq)}$
Oxide zone
native copper Cu
malachite $Cu_2(CO_3)(OH)_2$
azurite $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
cuprite Cu_2O
chrysocolla $CuSiO_3H_2O$
oxidising
Watertable
$5\ FeS_2 + 14\ CuSO_4 + 12\ H_2O \rightarrow 7\ Cu_2S + 5\ FeSO_4 + 12\ H_2SO_4$
$CuFeS_2 + CuSO_4 \rightarrow 2\ CuS + FeSO_4$
$PbS + CuSO4 \rightarrow CuS + PbSO_4$
Enrichment zone
chalcocite Cu_2S
covelliet CuS
bornite Cu_5FeS_4
reducing
chalcopyrite $CuFeS_2$
Primary mineralisation,
Protore
©Bastian Asmus 2013

Cappellaccio o Gossan:

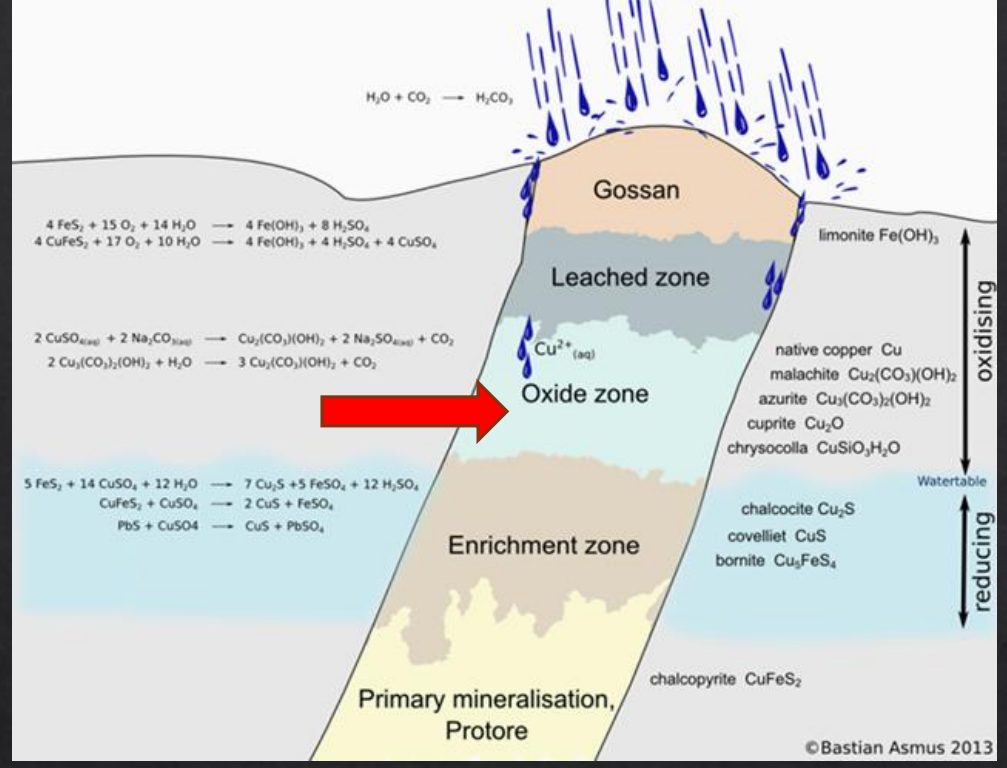


- ***Cappellaccio o Gossan:***
- Solitamente la pirite (FeS2) è abbondante, e vicino alla superficie si ossida trasformandosi in composti insolubili come la goethite (FeO(OH)) e la limonite, formando uno strato poroso che copre la zona ossidata, conosciuto con il nome di cappellaccio o cappellaccio di ferro o Gossan.
- I cercatori considerano il cappellaccio come indicatore di giacimenti di minerali sottostanti.

Zona di lisciviazione



- Le acque della falda contengono anidride carbonica ed ossigeno disciolti quindi percolando verso il basso lisciviano i minerali nelle rocce formando **acido solforico** ed altre soluzioni che continuano la discesa.
- Avviene LA LISCIVIAZIONE, cioè quando il solido e il liquido sono in contatto, il soluto, o i soluti, che si generano, possono diffondere dal solido nel solvente, con conseguente separazione dei componenti inizialmente contenuti nel solido.
- Questo processo di separazione è chiamato lisciviazione solido-liquido o semplicemente lisciviazione.
- Gli elementi solubili del suolo, per effetto dello scorrimento e della percolazione delle acque, vengono trasportati o migrano negli strati più profondi.
- QUINDI: le acque della falda contengono anidride carbonica ed ossigeno disciolti e percolando verso il basso lisciviano i minerali nelle rocce formando ***acido solforico*** ed altre soluzioni **che continuano la discesa**



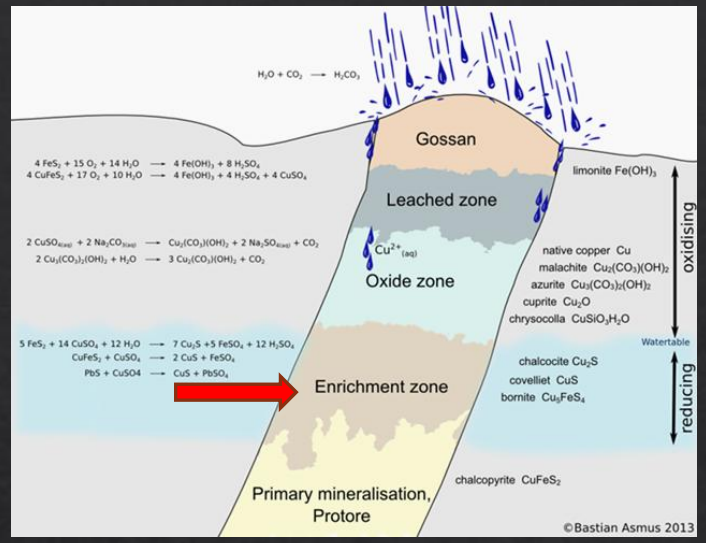
ZONA OSSIDATA

Zona ossidata:

- Le soluzioni che scendono dalla zona di lisciviazione reagiscono con altri minerali primari nella zona ossidata formando **minerali secondari** come i solfati, i carbonati e la limonite che è un prodotto caratteristico di tutte le zone ossidate.
- Durante la formazione dei **carbonati secondari**, i solfuri primari generalmente sono prima convertiti in solfati che poi reagiscono con i **carbonati primari** come la calcite CaCO3, la dolomite CaMg(CO3)2 o l'aragonite (anch'essa CaCO3, polimorfa della calcite) **per produrre carbonati secondari.**
- I sali solubili continuano la discesa mentre quelli insolubili rimangono nella zona ossidata dove si sono formati. Un esempio per i carbonati secondari è il minerale di piombo anglesite PbSO4. Il rame invece può precipitare come Malachite Cu2CO3(OH)2, o azzurrite Cu3(CO3)2(OH)2, cuprite Cu2O, piromorfite Pb5(PO4)3Cl e smithsonite ZnCO3 per lo zinco. Questi minerali sono stabili in condizioni ossidanti e sono caratteristici della zona ossidata.

TAVOLA D'ACQUA

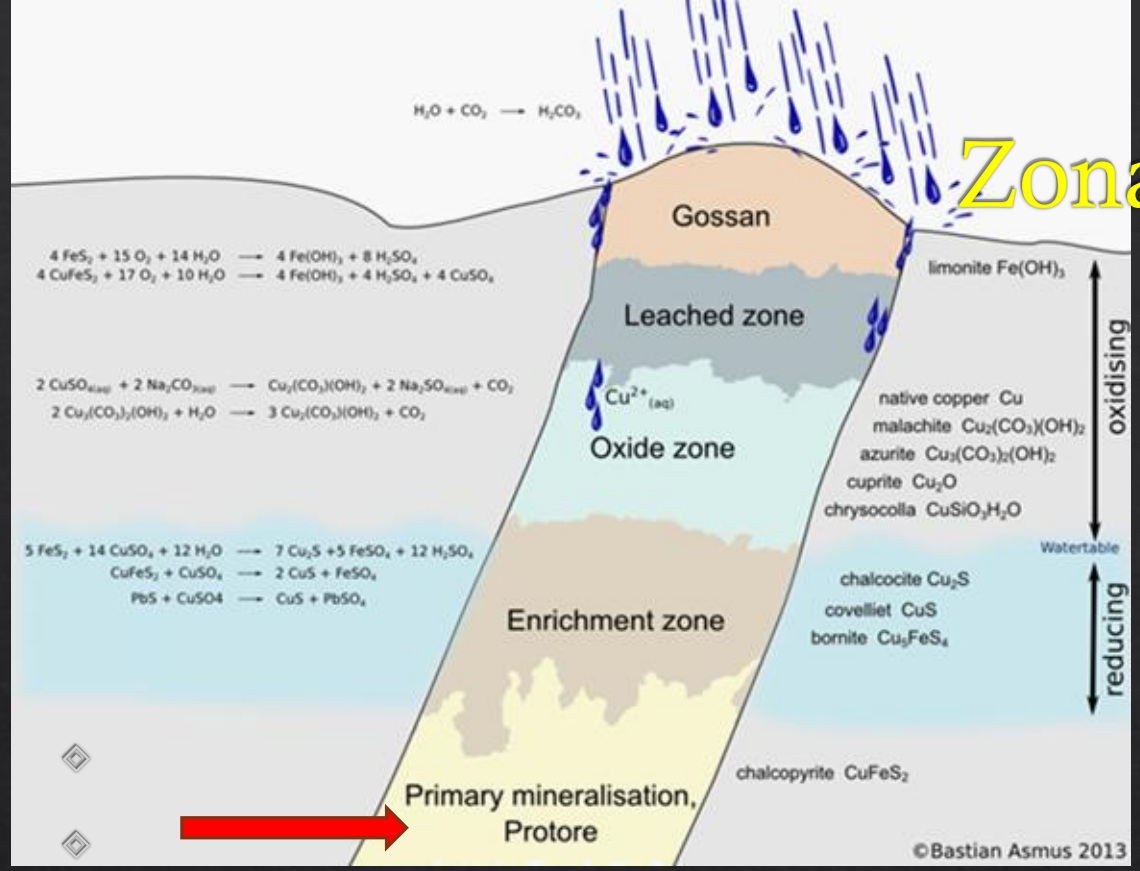
- **Tavola d'acqua**
- **Al livello della tavola d'acqua l'ambiente cambia da ossidante a riducente.**
- **Al di sopra della tavola d'acqua l'ambiente è ossidante mentre al di sotto riducente.**



Zona di arricchimento supergenico o Zona di cementazione (Riducente)

- **Gli ioni di rame che arrivano in questo ambiente riducente formano una zona di arricchimento supergenico solfidrico.**
- La covellite CuS, la calcocite Cu2S ed il rame nativo Cu sono stabili in queste condizioni e sono caratteristici della zona di arricchimento.
- **L'effetto netto di questi processi supergenici è quello di spostare gli ioni metallici *dalla zona di lisciviazione a quella di arricchimento, passando per la zona di ossidazione*** aumentandone la concentrazione a livelli più alti rispetto alle zone primarie non alterate rendendole adatte in alcuni casi all'estrazione.
- Si chiamano processi supergenici quei processi genetici di giacimenti che avvengono in prossimità della superficie terrestre e sono caratterizzati dalla predominanza della circolazione delle acque meteoriche con la concomitante alterazione chimica.
- Le acque meteoriche ossidano i minerali di zolfo primari (ipogenici) ridistribuendo gli elementi metallici nella parte inferiore della zona di ossidazione del giacimento minerario sconfinando nella zona di cementazione dove avviene l'arricchimento supergenico.
- Gli elementi metallici che sono stati lisciviati dai minerali ossidati sono trasportati verso il basso dalle acque percolanti e si ricombinano con i solfati ipogenici al confine fra la zona supergenica e ipogenica. La reazione produce solfuri secondari aventi una concentrazione di metalli superiore a quella del deposito primario.
- Questo processo è frequente nei giacimenti di minerali di rame dove i solfuri di rame calcocite Cu2S, covellite CuS, digenite Cu1.8S e djurleite Cu31S16 vengono depositati dalle acque superficiali che si infiltrano verso il basso.
- Questo tipo di processi avviene essenzialmente nelle condizioni normali ambientali di temperatura (25 °C) e pressione atmosferica.
- I giacimenti derivati da processi supergenici sono importanti a livello economico perché i metalli contenuti (soprattutto piombo, zinco ed argento) si presentano sotto forma appunto di SOLFURI DI SECONDA GENERAZIONE

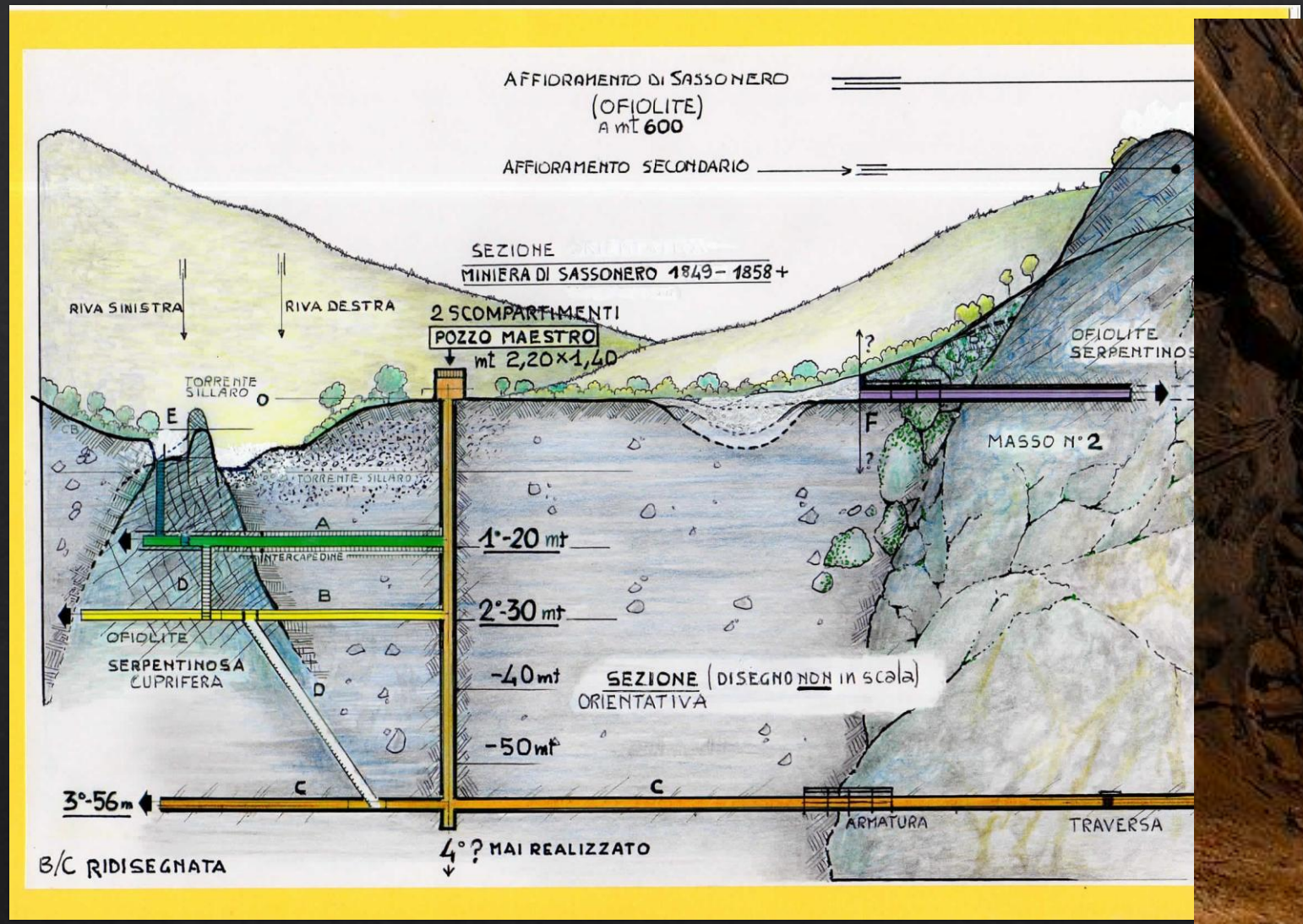
Zona primaria



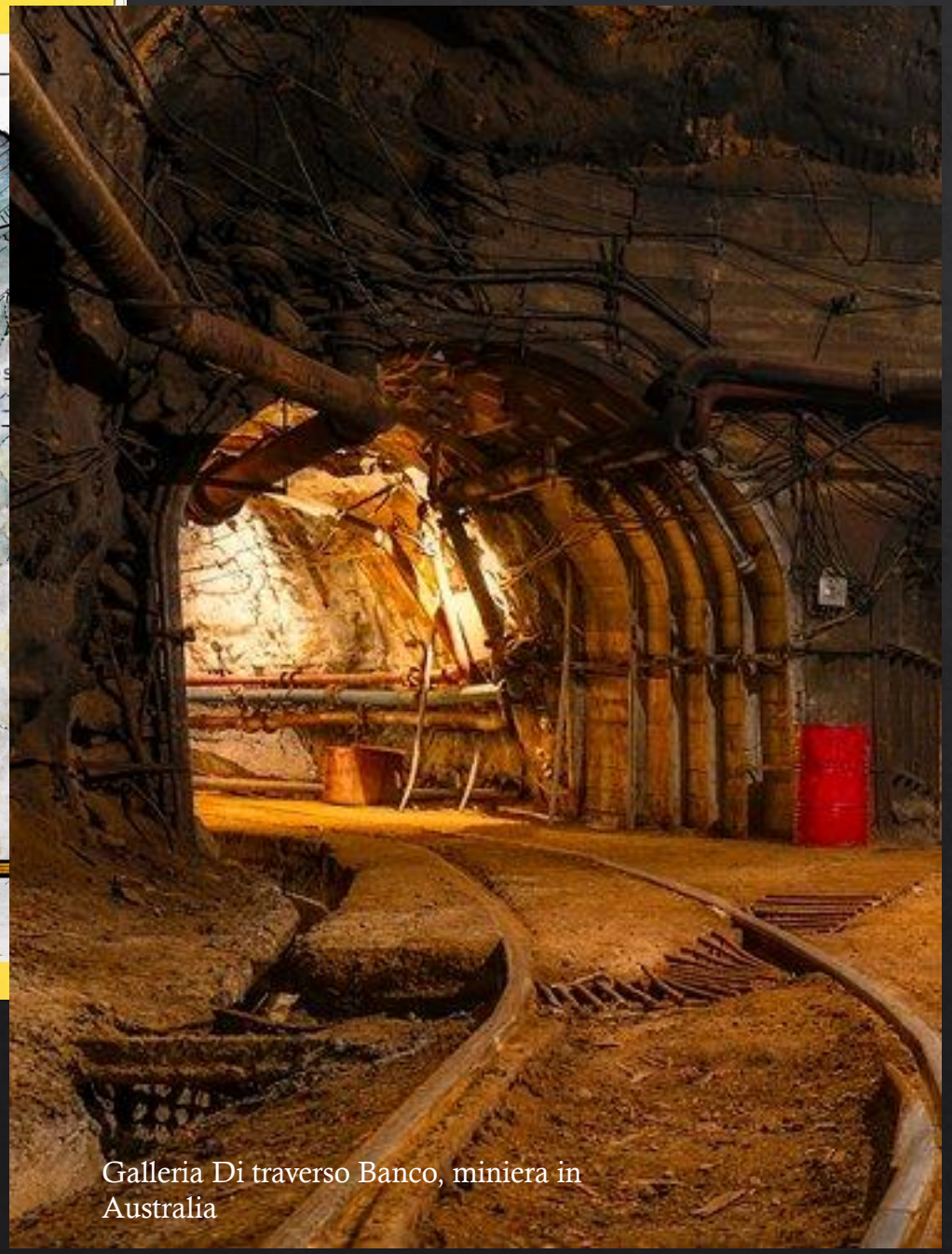
Zona primaria:

La zona primaria contiene minerali primari non alterati

- Alterazione dei minerali della zona primaria con il processo descritto in precedenza
- **La calcopirite CuFeS2 (primaria)** si altera nei minerali secondari **bornite Cu5FeS4, covellite CuS** e **brochantite Cu4SO4(OH)6**
- **La galena PbS (primaria)** si altera in **anglesite PbSO4 e cerussite PbCO3**
- **La sfalerite ZnS (primaria)** si altera in **emimorfite Zn4Si2O7(OH)2.H2O**, **smithsonite ZnCO3** e **willemite silicato di Zn, ma ricca di manganese Zn2SiO4**.
- **La pirite FeS2 (primaria)** si altera in **melanterite FeSO4.7H2O**



Miniera di Rame Appenino Modenese Comune di (MONTERENZIO - BO)



Galleria Di traverso Banco, miniera in Australia

Processo Magmatico e Giacimenti Minerari

- Giacimenti derivanti dall'azione del processo magmatico, come si ha la formazione di
- minerali per solidificazione di magmi, cioè di masse
- fuse (ad alte T e P), costituite essenzialmente da
- silice, ossidi metallici, gas e vapori.
- Il processo magmatico può essere suddiviso in 5 fasi
- 1. Fase ortomagmatica (>650-700 °C)
- 2. Fase pegmatitica (<700-650 °C)
- 3. Fase pneumatolitica (550-370 °C)
- 4. Fase idrotermale (<370 °C)
- 5. Fase esalativa

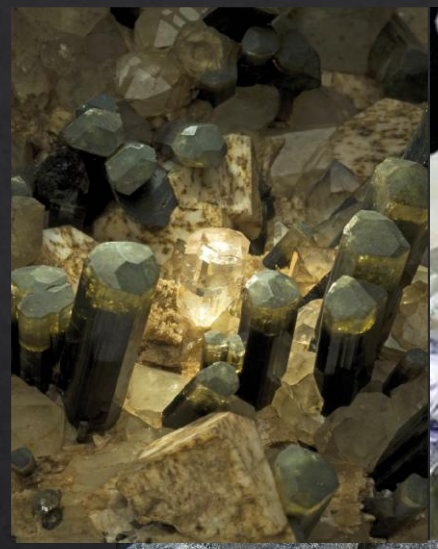
Giacimenti di fase ortomagmatica

- Nella fase ortomagmatica, con temperatura compresa tra quella del fuso1200/1300 °C e 750 °C, si ha la cristallizzazione del magma, fuso di silicati ad alta temperatura, in equilibrio con il proprio vapore. I primi cristalli a formarsi sono i componenti essenziali e accessori delle più comuni rocce magmatiche. Tra questi possiamo avere, nell'ordine in cui si formano: elementi nativi come platino e diamante, apatite, magnetite, spinello, ***pirite***, titanite, zircone, olivina, ***pirosseni, anfiboli, plagioclasi***, mica biotite, K-feldspato, nefelina, mica muscovite, quarzo.
- Le sostanze volatili come fluoro, boro, cloro e vapore acqueo, che partecipano poco alla cristallizzazione, si concentrano nel residuo magmatico, per fasi successive.



Fase pegmatitica (<700-650 °C)

- **Fase pegmatitica (<700-650 °C):**
- In questa seconda fase cristallizza il
- residuo magmatico ancora fuso, ricco
- di sostanze volatili ed elementi chimici
- non allocati nei reticoli cristallini dei
- minerali consolidati nella fase
- precedente. Tra i più comuni
- componenti delle pegmatiti: feldspati
- alcalini (ortoclasio, microclino,
- amazzonite, albite), quarzo e miche
- (muscovite, flogopite, biotite). Fase 2
- Le favorevoli caratteristiche di fluidità e l'elevata pressione
- facilitano la penetrazione del residuo fuso nelle fratture della
- roccia solidificata, dando origine a filoni caratterizzati da
- cristalli ben sviluppati di silicati e altri minerali, tra cui alcuni
- anche preziosi (berillo, corindone, zircone, topazio).







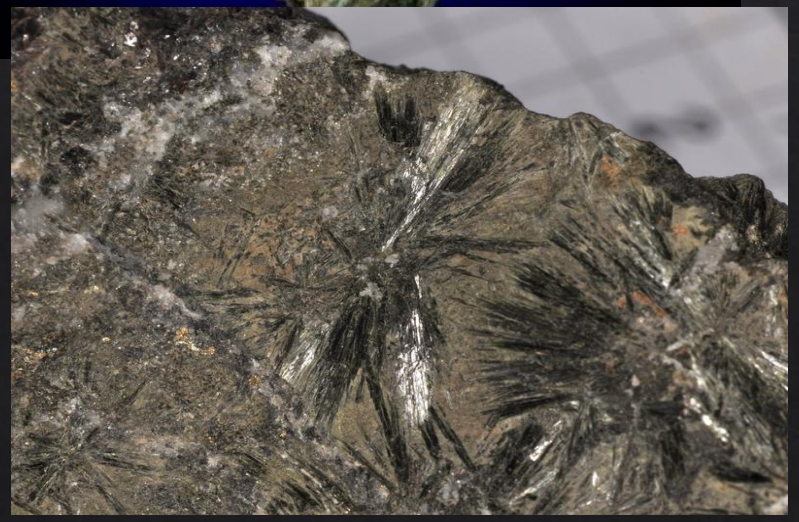


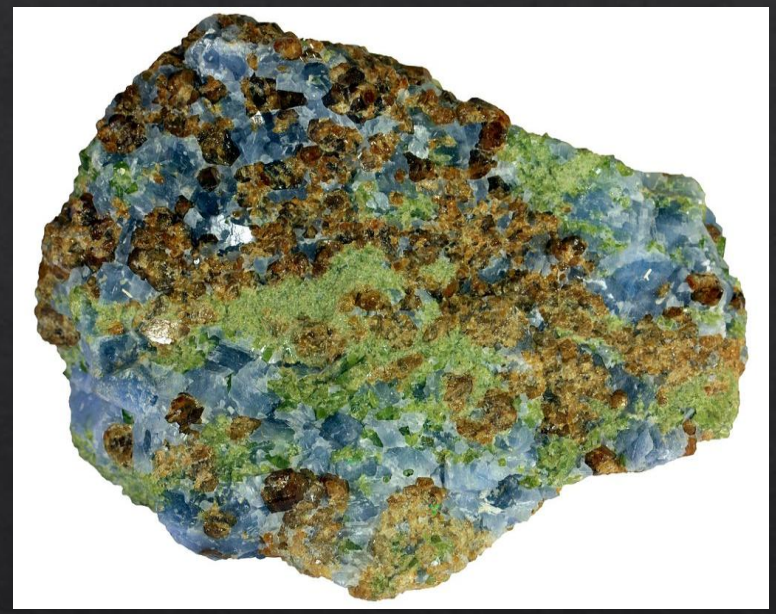
In alto Tormaline elbaite Governador Valadares Golconda Mines (Galimpo) , elbaite Isola D'Elba , sezioni di filoni pegamititici.

Fase pneumatolitica (550-370 °C):

- Fase pneumatolitica (550-370 °C):
- Fase quasi ultimata di
- cristallizzazione del magma.
- Rimangono piccole quantità di
- sostanze residue e una grande
- quantità di vapori e gas che
- tendono a liberarsi dal magma
- stesso. I vari componenti gassosi
- reagiscono chimicamente tra loro
- e, se sono presenti (esemp. Calcari),
- Dando origine a un metamorfismo di
- contatto. **Tra i minerali più**
- **comuni della fase pneumatolitica**:
- *topazio, tormalina, apatite,*
- *arsenopirite, pirite, calcite,*
- *quarzo e oro*. *Pirosseni*







1) Hedembergite e andradite
2)Grossularia, Augite, calcite celeste , 3) Hedembergite

Fase idrotermale (<370 ˚C)

- Fase idrotermale (<370 °C): 1 L'ultima fase del processo magmatico. ***Condensazione del vapore acqueo*** – che in questa fase è uno dei componenti di formazione di soluzioni acquose che
- volatili più abbondanti – iniziano a circolare nelle fratture della roccia. Tali soluzioni depositano i Sali disciolti dando origine alla maggior parte dei filoni metalliferi. A seconda
- della temperatura alla quale avviene la cristallizzazione si parla di genesi ***ad alta, media e bassa termalità. Alta termalità***: giacimenti auriferi, argentiferi e uraniferi, di pirite e calcopirite; Media termalità: giacimenti
- di solfuri misti di Cu, Pb, Zn, Au, Ag. Bassa termalità: antimonite, cinabro,
- realgar, orpimento.

FASI deposizione IDROTERMALE

- Sistema caratterizzato dalla presenza di minerali
- in concentrazioni sufficientemente
- elevate da rendere proficua la loro estrazione
- usando la tecnologia disponibile in base alla
- situazione economica del momento.
- deposito minerario
- I) Ipotermali: > 300 °C
- II) Mesotermali: 200 - 300 °C
- III) Epitermali: 100 - 200 °C
- IV) Teletermali: 50 - 100 °C





1) Esempio di filone a solfuri metalliferi 2)Miniera a cielo Aperto Deserto dell'Atacama Cile

ALTERAZIONE IDROTERMALE

- L’Alterazione idrotermale
- Cambiamento chimico nelle rocce e nei minerali causato dall’azione di
- soluzioni idrotermali ricche in volatili che risalgono da una camera
- magmatica in raffreddamento.
- L’alterazione idrotermale è una variazione nella mineralogia per
- interazione di rocce con fluidi acquosi caldi (fluidi idrotermali).
- Tali fluidi trasportano metalli sia dalla sorgente magmatica che dai
- processi di lisciviazione a carico delle rocce ospiti.
- La composizione dei fluidi è variabile ed essi possono contenere vari tipi
- di gas, sali (fluidi di brine), acqua e metalli. Quest’ultimi sono
- trasportati come differenti complessi in cui sono presenti solfo e cloro



Miniera Tierra Amarilla Desero dell'Atacama Cile.
«Miniera Metallifera di Solfuri misti compreso Molibdeno»







1) Esempi di Centine per armamento gallerie minerarie Min. del Ginevro Isola D'Elba, 2) Carrelli decauville Miniera del Ginevro Isola D'Elba 3) Armatura di protezione: centine in cemento armato Miniera di Moneponi Iglesias Sardegna

La Miniera di Rame di Montecatini Val di Cecina

E' la prima miniera del distretto Minerario delle Colline Metallifere, che si incontra venendo da Nord; ed è stata nel 19° secolo la più grande miniera di rame d'Europa fino al 1907 anno della chiusura, con una ripresa dei lavori tra IL 1959 E il 1963, quando fu definitivamente chiusa.

I lavori minerari risalgono probabilmente all'era etrusca e poi medievale.

La società chimica Italiana Motecatini/MontEdison prese le prime mosse proprio da questa miniera.

Le mineralizzazioni sono legate agli archi vulcanici sottomarini, di era Giurassico/Triassico, quindi di tipo vulcano-sedimentario e sviluppata nelle zone di apertura oceanica, che fu in atto alla prossimità delle dorsali medio-oceaniche con la formazione di un magma basico che dette origine a basalti massicci e pillows lava, facenti parte della massa chiamata ofiolitica e che subì insieme al complesso di rocce sedimentarie alloctone, un intenso dinamismo tettonico, portando zone di frizione tra i basalti e la massa sedimentaria, con cloritizzazione di alcune zone sede delle mineralizzazioni primarie a rame. di 400°

Le mineralizzazioni si sono formate grazie all'azione di una temperatura C b durante l'attacco idrotermale del complesso magmatico menzionato sopra, con conseguente azione di trasformazione metamorfica delle rocce stesse; in particolare l'azione esercitata dal moto convettivo dell'acqua marina che circolava surriscaldata nelle fratture della crosta oceanica, rendeva possibile l'accumulo per precipitazione di alcuni tipi di depositi minerari, del tipo a solfuri di rame e ad (ossidi ferro-manganesiferi, titaniferi- cromiferi dopo l'azione di lisciviazione) .

Accade infatti che l'acqua salata, discesa fino a grande profondità attraverso le fratture presenti nella crosta oceanica e riscaldatasi sempre più, a causa della temperatura molto elevata e connessa alla prossimità e al contatto dei fluidi magmatici provenienti dal mantello, diviene chimicamente aggressiva provocando così la lisciviazione dei metalli pesanti contenuti nelle formazioni rocciose più profonde, il loro trasporto ascensionale in soluzione e la loro ri-deposizione sul fondo dell'oceano, creò progressivamente le concentrazioni di minerali per precipitazione, dando origine a giacimenti, con corpi minerari anche di notevole interesse.

Ci fu una seconda fase di formazione dei minerali tra i 200° e 100° gradi che depositò solfuri secondari di rame sull'ossido/riduzione dei solfuri primari già depositati precedentemente, dovuti appunto all'azione di acque calde attivate dal dinamismo tettonico di frizione sulle ofioliti già dislocate in posto, provenienti dall'antica fossa oceanica dell'oceano antico Tetide (era tra il Permiano e il Triassico inferiore).

Un'ultima fase di deposizione costituita da silicati come LAUMONTITE E DATOLITE con cristalli molto belli è da ritenere probabilmente innescata da metamorfismo di seppellimento, con porzioni di fluidi geotermici in "scaduta". Altri cristalli molto belli sono l'analcime, la prehnite , tra i solfuri considerati per l'estrazione industriale mineraria, c'era la calcopirite anche in cristalli, la bornite, la calcocite. Altri solfuri ma non estratti erano al galena rara e i solfati come la linarite, poi altri minerali, brociantite, la crisocolla, calcite, gesso, ecc

I giacimenti coltivati nella miniera di Caporciano furono essenzialmente due: uno, il più antico, era collocato nella parte più meridionale della **massa diabasica** di Monte Massi l'altro, nella parte meridionale di Monte Croce, con circa la stessa direzione. Il giacimento di Monte Massi era impostato all'interno di due lenti longitudinali che per il diverso colore vennero chiamati "filone rosso" e "filone bianco"; il primo costituito da una pasta argillosa rossastra per la presenza di ematite diffusa, il secondo da una matrice argilloso-steatitosa caratterizzata dalla presenza diffusa di pirite. Il primo, di modesto spessore, è stato osservato sempre all'interno del diabase, mentre il secondo, anche di spessori notevoli, al contato tra il **diabase e le rocce sedimentarie**.

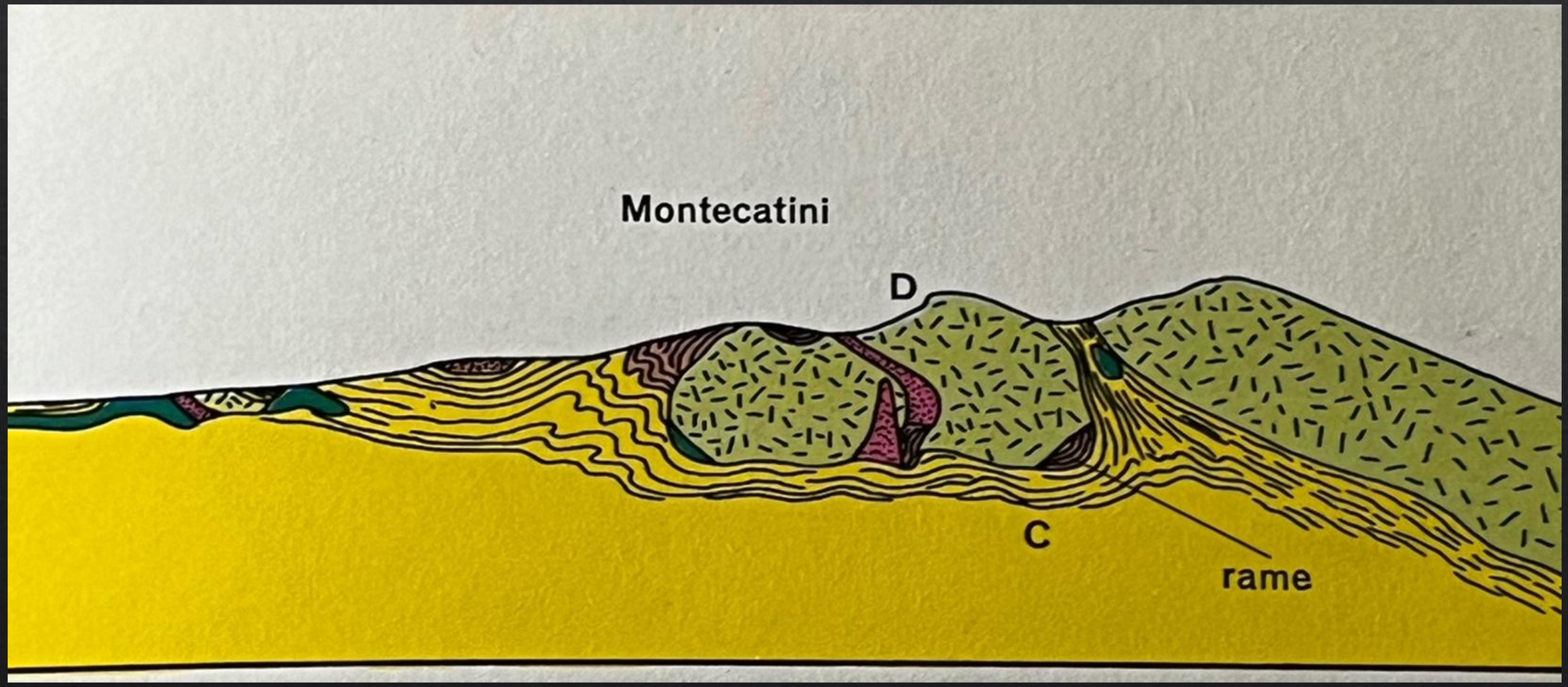
Poi intervenuti fenomeni di minerogenesi secondaria di alterazione, mobilizzazione e arricchimento legati all'attività idrotermale miocenica/pliocenica connessa all'Evento Appeninico che avrebbero conferito ai depositi le loro caratteristiche attuali.

In generale, le mineralizzazioni cuprifere più consistenti si rinvengono sotto forma di filoni impastati, ovvero spaccature riempite di pezzi **di rocce verdi** e di minerali cupriferi immersi in una pasta steatitosa (una giacitura questa che ben testimonia le violente azioni meccaniche alla quali sono state sottoposte le ofioliti durante la loro messa in posto), e nell'aspetto di filoni iniettati, ossia vene e filoncelli cupriferi che si insinuano nelle **rocce ofiolitiche** talora impregnandole diffusamente.

Quanto ai minerali che vi si rinvengono si tratta per lo più di calcopirite di **bornite**, calcocite, pirite, ai quali si accompagnano **azzurrite**, crisocolla (assai frequente e ben riconoscibile per il bel colore verdeazzurro), cuprite e rame nativo.

La diffusa presenza di mineralizzazioni di rame nella vasta coltre ofiolitica che interessa alcune aree della Toscana è come accennato, ben conosciuta da tempo, fin da epoche remote ed è stata oggetto di intense ricerche e di più o meno fortunati tentativi di sfruttamento.

GIACIMENTO di Rame , miniera di Montecatini V.C









Miniera Di Montecatini V.C

SCHEMA GIACIMENTI TOSCANI A SKARN:

METALLOGENESI

Il modello genetico proposto indica:
Un ambiente di formazione caratterizzato da temperature
fra i 450 C e i 200 C circa e pressioni dell'ordine di poche centinaia di bar in un campo sotto i 400-500 Bar predominante tra i due intervalli di temperatura, che determina una certa stabilità della magnetite e della pirite.
La formazione dei giacimenti nelle loro caratteristiche come «giacimenti a skarn di sostituzione
è datata al Pliocene 5,332 milioni di anni fa , periodo associato con l'attività magmatico acida della Toscana occidentale;
il chimismo che alimentò la formazione dei giacimenti è da attribuire alla presenza di depositi sedimentari a ossidi. e solfuri, di Fe ed in minore misura Cu, Pb, Zn, subordinato Ag ... , associati alle formazioni quarzoso. micacee del Verrucano e carbonatico. solfatiche (Calcare Cavernoso) Trias (Triassico superiore) toscano, rimobilizzati dall'evento genetico, (giacimenti SINGENETICI), ma in parte anche EPIGENETICI (pirite Gavorrano /Ravi).
1) Capo Calamita, Ortano e Niccioleta rappresentano dei depositi sedimentari
Trias superiore localmente mobilizzati e skarnizzati, riconducibili a giacimenti termometamorfici
Esempio. Campiglia Marittima, Massa Marittima e Ginevro rappresentano dei giacimenti metasomatici, formatisi per sostituzione di rocce carbonatiche da parte di soluzioni.
Giacimenti legati a formazioni e/o dislocazioni post-triassiche, mineralizzati in prevalenza. a solfuri di Cu, Pb e Zn. Con soluzioni acquose calde, sottosature in CO2 il cui contenuto in Fe, Zn, Cu, Pb, subordinato Ag derivava dalla interazione diretta, o attraverso un processo di assimilazione magmatica (Campiglia Marittima), con depositi sinsedimentari appunto. Ma anche i giacimenti filoniani
A Massa Marittima (fascia Serrabotti, Val Castrucci-Poggio al Montone, Val d'Aspra) sono i Giacimenti legati a formazioni e/o dislocazioni post-triassiche, mineralizzati in prevalenza. a solfuri di Cu, Pb e Zn.
Ancora i Giacimenti associati alle formazioni del Trias superiore toscano (Verrucano s.I. e Calcare Cavernoso), mineralizzati in prevalenza ad ossidi e solfuri di Fe.
sono i depositi di Capo Calamita, Ginevro (Isola D'Elba), Niccioleta profondo, Rio Marina, Serrabottini profondo), nonchè le più importanti masse minerarie del giacimento di Ortano Isola D'Elba.

NOTA: Modeste mineralizzazioni a skarn diopsidico-tremolitico, a volte con pirrotina e calcopirite, si ritrovano a **Campiglia Monte Spinosa ,** sia incluse nei marmi delle pendici settentrionali del monte stesso, sia al contatto con il granito ~ -marmi nelle zone di Monte Rombolo e Monte Valeria (RODOlICO, 1931 b; STELLA, 1938; BEATOU.NI, 1958;
BARBERI, Ir-.'NOCENTI e MAZZUOLl, 1967). Infine a Gavorrano al contatto fra il granito
ed il Calcare Cavernoso metamorfosato si ritrovano piccole quantità di tremolite, andradite, wollastonite, clorite ed anortite

NOTA 2 PER CAMPIGLIA MARITT:
sono rappresentati dai corpi minerari, oggi esauriti di Valle dei Lanzi (Cava del Piombo), mineralizzati in prevalenza a galena argentifera, e da quelli, mineralizzati prevalentemente a calcopirite e meno a galena argentifera, della Valle del Temperino. Le mineralizzazioni:
sono completamente incluse nel Calcare Massiccio metamorfosato e
quelle della Valle del Temperino sono erroneamente strettamente associate come genesi ad un porfido monzonitico femico, chiamato dai minatori porfido verde .
Nella zona è inoltre presente un porfido granitico aJcalino-potassico chiamato" porfido giallo
PORFIDO = roccia filoniana o ipoabissale o subvulcanica
GIACIMENTI OSSERVAZIONI:
Campiglia Marittima e Massa Marittima, ricapitolando giacimenti legati a formazioni e/o dislocazioni post triassiche e associabili per quanto riguarda la loro messa in posto alle manifestazioni magmatiche plioceniche, hanno avuto un ambiente di formazione molto superficiale CORSINI e TANELLI, 1974; CoRSIN1, LATTANZI e TANELLI, 1975).
Pressioni litostatiche ridotte (ordine delle centinaia di bar)
Per quanto riguarda l'azione di pressioni orientate, le tessiture di riempimento che in parte presentano i corpi minerari di Massa Marittima, la presenza a Campiglia Marittima dibrecce ad elementi di marmo e skarn, cementati da minerali metallici e silicatici ei fenomeni di deformazione subite dalle pirrotine, portano a pensare che la formazione dei giacimenti si sia sviluppata in presenza di sollecitazioni direzionali.

Le notevoli quantità di minerali ricchi in ossidrili : epidoto, ilvaite e altri pirosseni e le manifestazioni di sostituzione su rocce carbonatiche che mostrano alcuni depositi, proverebbero la presenza di una fase fluida ficca in CO2, H20.
Assunto che i depositi a skarn si siano messi in posto nel Pliocene, a piccola profondità di formazione, con l'esistenza di numerose fratture
Si può ritenere che la pressione dei fluidi fosse al massimo uguale a quella di carico fissa. D Jake (1971), sulla base di considerazioni analoghe una pressione fra i 200 e i 500 bar per il Ginevro. Valori analoghi o leggermente inferiori potremo orientativamente fissarli per Capo Calamita, Ortano e Niccioleta, sensibilmente minori per Campiglia Marittima e Massa Marittima.
BARBERI, INNOCENTI e MAZZUOLI (1967) indicano una pressione i inferiore a 1000 bar ed una temperatura di 500 C° nelle rocce incassanti, durate la messa in posto dello stock di Botro ai Marmi a Campiglia.
Indicazioni barometriche possono aversi dal contenuto in ferro che presentano Nelle sfaleriti dei giacimenti a skarn toscani.
Si ritiene che i giacimenti a skarn toscani ebbero una messa in posto superficiale e tale da rendere applicabili ai fini termometrici le relazioni di stabilità fra fasi solide studiate a basse pressioni.
Nel ricercare la temperatura di formazione dei giacimenti a skarn toscani,
Il problema della genesi dei giacimenti a skarn non può essere scisso da quello più generale relativo alle mineralizzazioni ad ossidi di ferro, pirite e solfuri misti della provincia metallogenica toscana, per i quali è ben noto come siano stati proposti diversi modelli, sostanzialmente riconducibili al classico dualismo: ***epigenesi, singenesi***.
Nei modelli ***epigenetici*** la messa in posto delle mineralizzazioni viene legata al magmatismo acido anatettico miocenico-pliocenico toscano e l'origine degli elementi viene ricercata parzialmente o totalmente nelle soluzioni residuali del consolidamento delle masse ignee.
Mentre Campiglia Marittima ed al Ginevro (Isola D'Elba) sono il prodotto della metasomatosi su rocce carbonatiche di soluzione il cui contenuto in Fe, Zn, Cu, Pb era già presente dalla interazione diretta od attraverso un processo di assimilazione magmatica con i depositi sedimentari.

GIACIMENTO A SOLFURI MISTI di Campiglia Marittima: Considerazioni sui processi genetici.

Sigla	*Tipo di giacimento*	*Caratteri geochimici*	*Località*	*Processo genetico*	*Rocce incassanti*
G1	Skarn a hedenbergite, ilvaite ± johannsenite	Cu, Pb, Zn, Fe,	Min. del Temperino Min. dei Lanzi Valle dei Manienti	Idrotermali magmatici di sostituzione	Marmi bianchi, (Giura)
G2	Aureola di contatto e skarn ± vene di quarzo e clorite	Cu, Zn, Pb, As, Fe, Sn, W, Th	Botro ai Marmi Monte Spinosa	Idrotermali magmatici di sostituzione	Marmi grigi e bianchi (Trias-Giura), granito (Mio-Pliocene).
G3	Vene e masse di cassiterite, pirite e idrossidi di Fe ± scheelite e tormalina	Sn, W, Fe, As	Monte Valerio Cento Camerelle Valle Pozzatello Monte Spinosa Campo alle Buche	Idrotermali magmatici in vene e disseminazioni	Marmi grigi e bianchi, diaspri, calcari e marne (Trias-Giura)
G4	Masse di idrossidi di Fe	Fe, As, Cu, Pb, Zn, Sn	Campo alle Buche Colle Sant'Antonio Cento Camerelle	alterazione supergenica alle spese di depositi a skarn e a solfuri	Marmi grigi e bianchi, diaspri, calcari e marne (Trias-Giura)

Giacimento del Bottino di Ruosina Alpi apuane (Lucca):

Giacimento formato in ambiente metamorfico regionale, quindi per dinamismo tettonico e legato alle rocce "tormaliniti", ricche in tormalina, per lo più stratiformi e sub-concordanti rispetto alla roccia incassante e contenenti almeno 11- 15-20% (in volume) di tormalina (Nicholson, 1980; Slack, 1982).
Livelli stratiformi di tormaliniti si ritrovano prevalentemente associate alla fase terminale di un ciclo vulcanico (Plimer, 1984).
L'abbondanza di Pb è legata alla presenza di attività vulcanica sottomarina, potrebbe essere indicativa di un'importante evoluzione del Mantello avvenuta nel Proterozoico medio, 3500 milioni di anni fa contrassegnata, fra l'altro, dalla mobilizzazione di fusi mantellici ricchi in alcali, cioè quantità rilevanti di feldspatoidi (nefelina, sodalite, leucite), (Brooks et al., 1978) che avrebbero trasportato nelle porzioni superiori della crosta Ingenti quantità di Pb (Meyer, 1981).
Gli eventi gelogici successivi di tipo ***diagenetico***, hanno concentrato quantità relitte di minerali di Pb nei bacini dominati da metasedimenti clastici, con subordinate metavulcaniti da basiche ad acide (Slack et al., 1984).
Degno di nota è il fatto che un certo numero di giacimenti stratiformi a Pb-Ag-Cu-Zn, sono ospitati sia in rocce sedimentarie (es. Sullivan, Broken Hill) che vulcaniche (es. Rosebery, Kidd Creek)
Nel processo di tipo esalativo-sottomarino cioè ***emissioni di prodotti gassosi, o liquidi a bassa termalità, da parte di uno o più apparati vulcanici*** ed è connessa la formazione di tormaliniti ed associate a depositi minerari di notevole importanza economica, tra cui i giacimenti strata-bound a solfuri massivi (Canada, Ethier and Campbell, 1977; India, Wadhawan & Roonwal, 1977; Appalachi e Caledonia, Slack, 1982; Australia, Nicholson, 1980, Plimer, 1988), a Sn-W (Zimbabwe, Cunningham et al., 1973; Australia, Plimer, 1980; Groenlandia, Appel, 1985), ad Au (Brasile, Fleisher & Routhier, 1973), ad U (Canada, Hoeve & Sibbald, 1978; Australia, Bone, 1988).

Ci sono alcuni giacimenti di questo tipo a solfuri di metalli di base, Sn, W, Ag ed Au, in cui sono presenti livelli di tormaliniti.
Le tormaliniti ed i depositi associati sono in prevalenza del Proterozoico 2 500 a 538,8 milioni di anni fa (EONE), anche se non mancano esempi sia nell'Archeano che nel Paleozoico inferiore a livello planetario.
Da quanto accennato, risulta il ruolo che possono assumere le tormaliniti quali "marcatori" paleoambientali.
In assenza di evienti di tipo magmatico, queste rocce si sono formate grazie a processi singenetici o diagenetici **che interessarono fluidi ricchi in boro, in una azione esalativa sottomarina, spesso provenienti da sorgenti calde (Slack et al., 1984).**
Per quanto riguarda le mineralizzazioni filoniane a Pb-Ag(Zn)-subordinato Cu, queste sono il risultato di un processo a più stadi di mobilizzazione e concentrazione singenetico-metamorfica di età alpina ad opera di fluidi metamorfici, che, dopo aver mobilizzato vari elementi dalle rocce incassanti ed in particolare dalle tormaliniti, hanno dato luogo ai corpi metalliferi filoniani.
Numerosi indizi ricavati dalle analisi giaciturali, tessiturali, geochimiche (composizione delle fasi metalliche e di ganga), Isotopiche e microtermometriche (caratteristiche chimico-fisiche delle inclusioni fluide), confermano la natura singenetico-metamorfica della mineralizzazione filoniana.

La fase principale di questo evento metallogenico alpino è più o meno contemporanea alla prima fase deformativa che ha interessato l'area apuana (Da=27 Ma, secondo Kligfield et al., 1986), ed appare caratterizzata da temperature prossime a quelle registrate per il picco metamorfico (T=450°C circa).
L'evoluzione del sistema metamorfico conduce quindi ad un'intensa deformazione dei corpi metalliferi, accompagnata da fenomeni di rimobilizzazione e ricristallizzazione.
In corrispondenza dell'evento deformativo tardivo (D=8-10 Ma, secondo Kligfield, 1986)
Il sistema minerogenico appare caratterizzato da temperature ancora sufficientemente elevate (350-400°C), e da pressioni decrescenti rispetto a quelle del picco metamorfico.
Gli stadi finali della minerogenesi del Bottino sono infine contrassegnati da temperature più basse (inferiori ai 250°C) e da condizioni di relativa quiescenza tettonica, durante le quali si ha la formazione di tipiche mineralizzazioni di geode.
Un particolare importante sono le vene a quarzo ed Au ospitate in terreni metamorfici (cfr. Fyfe & Kerrich, 1987). A questo proposito è interessante notare che al Bottino è stata segnalata la presenza di Au in tracce e che nello stesso deposito si ha un arricchimento in elementi come Sb, As, Ag, B, caratteristici del depositi metamorfogenici quarzo-auriferi(Kishida & Kerrich, 1987).
In conclusione, le indicazioni ottenute dallo studio del giacimento del Bottino presentano almeno quattro interessanti ricadute per la minerogenesi e giacimentologia apuana:

Punti salienti trattati

1) Esiste una fase metallogenica pre-Alpina, probabilmente paleozoica, cui si deve la formazione di pre-accumuli minerari caratterizzati dalla presenza di anomale concentrazioni di elementi come Ag, Au, As, Sb, Pb, Zn, Cu, B e P.

2) La presenza di tali livelli rappresenta inoltre un indizio dell'esistenza di processi di tipo esalativo ad alto potenziale metallogenico, avvenuti in rispetto all' evento deformativo alpino. epoca precedente

3) Il metamorfismo alpino è potenzialmente idoneo a formare dei depositi minerari a solfuri di metalli di base e preziosi di Interesse economico, attraverso fenomeni di rimobilizzazione e concentrazione di elementi ad opera di fluidi metamorfici.

Non appare pertanto necessario l'intervento di fenomeni di tipo magmatico, come ipotizzato in passato (Pelloux, 1922; Dessau, 1935; Carmignani et al., 1972, 1975, 1976).

Acquista un rinnovato interesse la caratterizzazione giacimentologica di altri depositi minerari apuani di incerta collocazione crono-stratigrafica (es. Levigliani e Frigido), che potrebbero appartenere ad una fase metallogenica pre-Alpina.

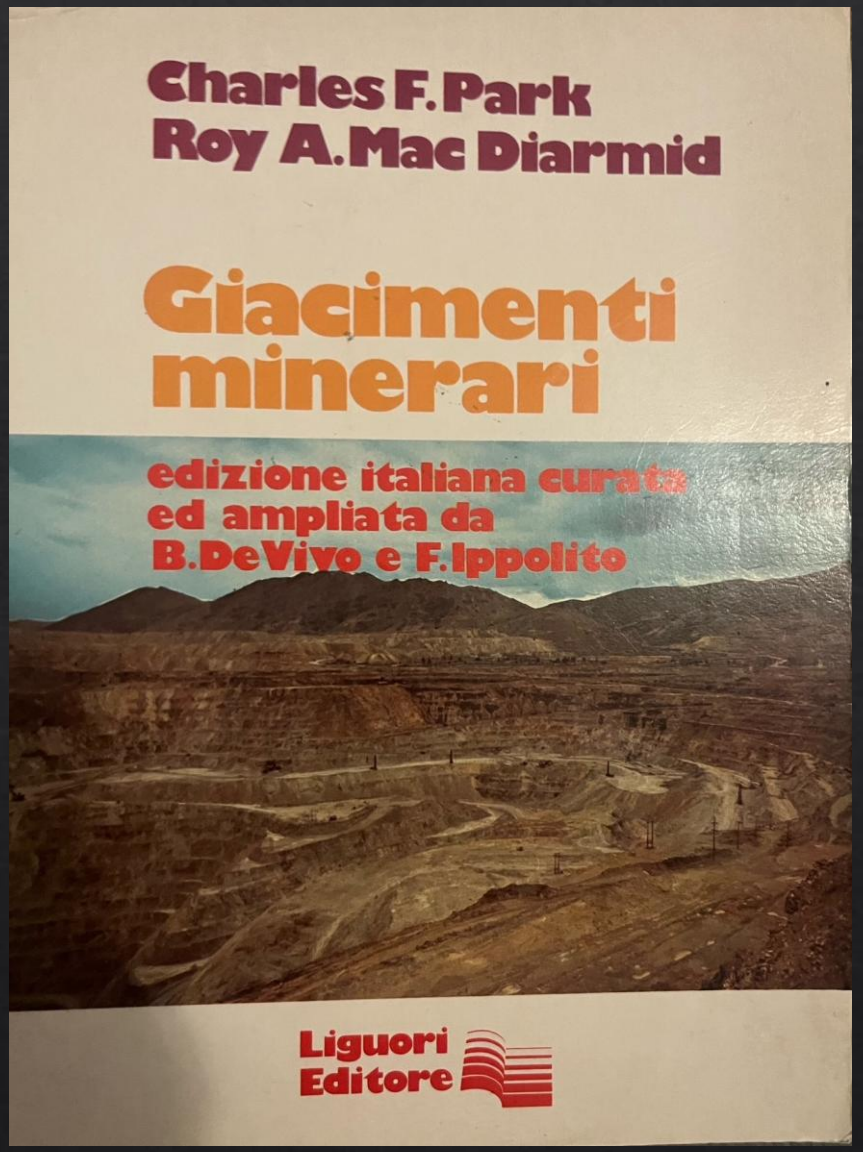
Giacimenti di impregnazione
Mercurio del Monte Amiata.

GIACIMENTI DI NATURA PRIMARIA E SECONDARIA a solfuro di Mercurio
Nell'area circostante il M.te Armata è principalmente costituita da
una serie di terreni sedimentogeni, la cui età va dal Pernio-Carbonifero al
Pliocene. In età post-eocenica e pre-pliocenica 5,332 milioni di anni fa e terminò circa
2,588 milioni di anni fa. si sono verificati fenomeni di dislocazione tettonica e di erosione
durante una fase di continentalità, che hanno evidenziato la copertura di vulcaniti del
Monte Armata, di età postpliocenica.
L'azione di fluidi esalativi collegati al vulcanismo Amiatino hanno interessato l'intera area.
Le principali mineralizzazioni primarie hanno sede:
in calcari dolomitici mesozoici, riferiti al Retico, come, ad esempio,
nella miniera del Morone (Selvena);
in rocce silicee del Giurassico inferiore 190 milioni di anni fa, come, ad
esempio, nella miniera di Monte Labbro;
in arenarie quarzoso-micaceo-calcaree (« pietraforte » dei Geologi toscani),
con intercalazioni argillose a microfaune per lo più di età cretacica,
come, nelle miniere di Solforate (Siele) e di Le Bagnore;
in calcareniti eoceniche stratificate 55-38 milioni di anni fa, alternate con strati di argille
sterili
, come, nella miniera di Abbadia San Salvatore
.Il minerale utile è il cinabro, associato di solito a pirite, meno spesso a
marcasite e stibina, raramente a solfuri arsenicali; fra le matrici comune è la
calcite, fari gesso, quarzo, silice opalina e calcedoniosa, celestina, fluorite,
zeoliti, ecc.
.

Le condizioni geo-idrologiche generali negli ambienti petrografia descritti sono facilmente intuibili. Trattasi infatti, per la maggior parte, di rocce percolate da acque di circolazione «per descensum », permeabili e penetrabili non soltanto per fratture e per porosità, ma anche per dissoluzione, e quindi cavernizzabili e disgregabili per azioni meccaniche e chimiche combinate. Le acque di percolazione hanno rielaborato parecchi giacimenti primari, in special modo quelli insediati nei calcari, operando fra l'altro un trasportoin parti più profonde di cinabro e di altri svariati materiali, e causando sovente locali arricchimenti.

In varie miniere ricorrono diaclasi, tasca e cavità, geodi,
di vario volume, riempite di brecciame di varia natura petrografica, di sabbie, di limi, di cinabro in
minuti individui detritici e di altri
materiali, residuale insolubili delle rocce mineralizzate attraversate.
Entro a queste fratture e cavità, formatesi successivamente alla deposizione primaria del minerale, il cinabro è disperso in tenori medi variabili da qualche decimo a qualche unità
oltre decine di m^3, con alti tenori in Hg,
e quindi di alto interesse minerario.

Libri su Giacimenti Minerari e Minerali



F. Charles Park, Roy A. Mac Diarmid
Giacimenti minerari 1982, 1983, 1985
edizione italiana curata ed ampliata da B. De Vivo e F. Ippolito

Accademia toscana di scienze e lettere «La Colombaria». Serie Studi, 42
1976 L. S. Olschki,

