

MAURIZIO VIOLO

LA ZONALITA' NEI GIACIMENTI METALLIFERI;  
UNA CONSEGUENZA  
DELLE VARIAZIONI PALEOGEOGRAFICHE  
DURANTE LA SEDIMENTOGENESI E LA DIAGENESI (\*)

ABSTRACT. — Many phenomena present in the ore-deposits as zoning, paragenesis, replacements etc. have been generally explained as distinctive of one genetic pattern.

In these last years several papers outlined, on the other hand, as these phenomena may be caused by different types of ore depositions.

The horizontal and vertical zoning f.i. has been believed for long time a product of chemical and thermic variations of magmatic fluids. This is true in many ore districts but in many others the environmental variations in the sedimentary basins may play a very important role causing zoning and different paragenesis.

This paper try to illustrate some example of sedimentary zoning in MBS type ore-districts (AMSTUTZ 1971).

i) *The Lead-Zinc deposits in the Eastern Alps.*

The Schneider's researches (SCHNEIDER 1963) on lead-zinc deposits in the Eastern Alps showed different distribution of ores closely connected to evolution of Ladinian plateau reef.

ii) *The Cu-Zn-Pb deposits of Western Balkans.*

The Cu-Zn-Pb ore-deposits of Western Balkans (Bulgaria) occur in Triassic and Giurassic sediments and they exhibit an evident correlation between the environment of sedimentation and type of ores.

The copper is concentrated along the unconformity surfaces of Buntsandstein on Paleozoic basement and of low Giurassic conglomerates on middle or low Trias.

The lead-zinc ores are prevalent in marine carbonatic facies of Middle Trias (Anisian limestone and dolomite). At smaller scale the copper mineralization may occur in the lower part of middle Triassic limestone (Sedmochislenitsi and Plakalnitza mines) and small quantities of galena in the highest part of Buntsandstein and Rôt sandstones (MINCEVA-STEFANOVA 1967).

---

(\*) Lavoro eseguito con il parziale contributo del C.N.R. nell'ambito del Centro Studi Geominerari e Mineralurgici del C.N.R.

The regional zoning is joined to the different thickness of the sequence; the copper is more largely distributed where the thickness of middle Triassic sediments is strongly reduced, while the lead-zinc metals are prevalent where the same marine sediments show an increasing thickness.

iii) *The Lead-zinc deposits of Silesia-Cracow area (Poland).*

The well-known lead-zinc deposits of Silesia-Cracow district are included in limestone and dolomites of Muschelkalk. GRUSCZYK (1967) outlined in the basin two roughly circular bands, characterized by heteropic dolomite facies (ore-bearing dolomite) with prevalent galena and barite in the outer band and sphalerite in the inner one. At regional scale the most important lead-zinc mineralizations are localized along the contact of Triassic sediments on the pre-Triassic basement.

iv) *The Lead-Zinc-Iron-Barium deposits of Sardinia (Italy).*

The ore deposits of Sulcis-Iglesiente (Sardinia) are included in the «Metallifero» formation: limestone and dolomites of low-middle Cambrian.

They show a vertical and horizontal zoning; the former is characterized by two more or less continuous mineralized horizons within the «Metallifero»; Fe and Zn in the lower levels, in the «dolomia rigata» or «alternanze», and Pb and Ba in the higher part of carbonate member.

The horizontal zoning is marked by at least two directions of paragenesis variations; one shows a sharp passage of prevalent barite to iron-zinc mineralization from South (Sulcis) to North (Iglesiente s.s.). The other direction marks heteropic variation from West to East; zinc is prevalent in Western area, while iron increases going eastward.

From the above named data one may remark as, although in rather different environments, it is possible the development of sedimentary zoning in sulphide and sulphate deposits.

In marginal belt (as for Alps deposits) or in the platform sedimentation (as in Silesia and Sardinia ore deposits) the factors giving rise to ore concentration may play different roles, but the paleogeographic evolution causes heteropic facies and therefore regional ore zoning.

## 1. - Introduzione.

La revisione sistematica e soprattutto le riflessioni metodologiche sui criteri di indagini nei giacimenti minerari hanno portato in questi ultimi anni a importanti conclusioni.

Fenomeni quali ad es. la zonalità, le paragenesi, i metasomatismi perlopiù ritenuti caratteristici di un tipo di deposizione sono risultati in realtà il prodotto di convergenza di differenti tipi deposizionali connessi ad ambienti estremamente variati.

Tralasciando le numerose e valide memorie a carattere locale basta citare gli scritti recenti e anche meno recenti di Routhier, Amstutz,

Nicolini, Schneider per cogliere le novità, sia pure relative, che sono state introdotte nei concetti di zonalità, paragenesi ecc.

Nonostante questi scritti e soprattutto nonostante la grande messe di dati che sono stati, criticamente e metodologicamente, collezionati in questi anni, numerosi prospettori e geologi economici ritengono i fenomeni citati esclusivi o almeno peculiari di un solo modello genetico.

Questa memoria nasce dall'esigenza di ribadire una necessità metodologica; molti fenomeni geologici e soprattutto i parametri che condizionano gli adunamenti metalliferi non possono e non debbono essere interpretati secondo modelli esclusivi e tipici ma piuttosto come il prodotto dell'azione di numerosi fattori che possono essere differenti o diversamente associati nei numerosissimi casi di anomalie geochemiche, adunamenti poveri o adunamenti ricchi di metalli.

La zonalità — orizzontale e verticale — negli adunamenti metalliferi è stata per lungo tempo ritenuta un prodotto peculiare di variazioni termiche e chimiche di convogli ad affinità magmatica. Se questo è vero in moltissimi casi — come può essere testimoniato e provato in numerosi adunamenti dove altri parametri confermano questa ipotesi — è anche vero che in molti altri casi la zonalità può essere il prodotto di variazioni ambientali connesse all'evoluzione paleogeografica del bacino di sedimentazione.

Alcuni esempi particolarmente chiari illustrati in questa nota serviranno ad introdurre il problema della zonalità nella mineralizzazione insediata nel Cambriaco inf.-medio della Sardegna dove i dati di osservazione sono complicati dal sovrapporsi di grandi fenomeni tettonici e rimobilizzanti che hanno in parte mascherato la zonalità primaria sedimentare e le stesse paragenesi.

Come sarà chiaro dagli esempi e dalle descrizioni seguenti, il tipo di giacimenti che l'autore ha esaminato con un certo dettaglio, sia attraverso la ricerca bibliografica sia per diretta conoscenza, è quello che AMSTUTZ definisce M.B.S. (AMSTUTZ 1971) e cioè tipo Mississippi Valley-Bleiberg-Silesia. Questi giacimenti, pur mostrando ambienti e sovente facies differenti, presentano molti caratteri comuni che possono essere assunti quali tipi generali cui referire un grandissimo numero di giacimenti stratiformi a Pb-Zn-Ba-F e Cu in rocce carbonatiche. Lo studio sedimentologico, la paleogeografia, le paragenesi naturalmente diversificano grandemente quello che si è cercato di raggruppare nel termine M.B.S. tuttavia la geometria dei corpi mineralizzati, l'associa-

zione di certi metalli a facies caratterizzati da precisi valori di pH, Eh e salinità, l'incassamento carbonatico (che può tuttavia passare a facies francamente detritico-arenacee) sono tutti fattori per cui il termine M.B.S. rappresenta, come suggerisce AMSTUTZ (op. cit.), un raggruppamento di giacimenti « medi ».

## 2. - Alcuni giacimenti metalliferi insediati nel Trias.

Come è noto (PETRASCHECK 1960, MAUCHER e SCHNEIDER 1967, HEGGERMAN 1960, SCHNEIDER 1963, DI COLBERTALDO 1948, 1957, STRUCL 1965, 1971) tutta l'area delle Alpi orientali, dove ricorre una potentissima serie carbonatica del Trias medio, è interessata da numerosi e uniformi depositi di Pb-Zn. I più importanti di questo sono Gorno, Salafossa e Raibl in Italia, Mezica in Jugoslavia e Bleiberg in Austria; numerosi altri piccoli adunamenti tuttavia sono stati coltivati sin dal medioevo fino all'inizio di questo secolo. Altri giacimenti ricorrono inoltre, sempre nel Trias medio, in altre parti d'Europa e anche se i caratteri paleogeografici sono a volte molto differenti tuttavia la guida stratigrafica comune — appunto il Trias medio — delinea una enorme fascia mineralizzata di centinaia e centinaia di chilometri nella quale la zonalità nella distribuzione del Pb-Zn e sovente Ba, Cu ecc. è strettamente legata alla morfologia del bacino di sedimentazione e alle sue caratteristiche paleogeografiche.

### 2.1) - *I giacimenti di Pb-Zn nel Trias medio delle Alpi Orientali.*

I giacimenti di Pb-Zn cui si è accennato precedentemente sono localizzati perlopiù nell'Anisico superiore e nel Ladinico e numerose memorie ne hanno descritto i caratteri essenziali, la paragenesi dandone una grande varietà di interpretazione genetiche.

Essi sono stati riferiti essenzialmente ad una « metallogenese Alpidica » di età cenozoica (TORNUST 1929, PETRASCHECK op. cit., DI COLBERTALDO 1957) di tipo idrotermale epigenetico. In contrasto con questa ipotesi genetica, numerosi autori ritengono che gran parte degli adunamenti metallici delle Alpi orientali possono essere di origine sin-sedimentare, sia pure con fenomeni di vulcanismo sottomarino; questi autori (SCHNEIDER 1963, SCHULTZ 1963) applicando i metodi della ricerca sedimentologica hanno illustrato una serie di strutture e tessi-

ture delle mineralizzazioni chiaramente connesse a fenomeni sedimentogenetici e diagenetici.

Questi fenomeni sono anche responsabili della zonalità che gli stessi metalli presentano nelle aree mineralizzate (SCHNEIDER op. cit.); infatti i sedimenti anisici-ladinici possono essere schematicamente suddivisi a seconda della zona di sedimentazione:

- marne e argille con lenti calcaree intercalate. Zone esterne alla scogliera (fore reef). Assenza di importanti concentrazioni mineraliche,
- calcari e dolomie massive di scogliera (reef); notevoli ammassi mineralizzati (Pb-Zn) con strutture epigenetiche e di sostituzione;
- calcari e dolomie finemente stratificate della zona interna alla scogliera (back-reef lagoon). Ingenti depositi stratiformi di Pb e Zn con strutture sedimentarie.

In questa distribuzione due fattori operano prevalentemente in favore dell'accumulo mineralizzato: un fattore idrodinamico e uno chimico-fisico. Il primo interviene in maniera differenziata nella zona esterna operando una diluizione e una dispersione dell'elemento metallico, mentre permette una concentrazione nei sedimenti interni della scogliera.

Il secondo determina, attraverso diversi valori del pH e Eh, una diversa distribuzione dei metalli stessi. Mentre metalli quali Cu, Mo, V, Ni, ecc. sono perlopiù concentrati in argilloscisti bituminosi, il gruppo Pb-Zn-Cd si deposita, se esiste zolfo a disposizione o per azione di batteri, in orizzonti carbonatici in condizioni abbastanza alcaline e in zone localmente eusiniche; condizioni queste che certamente si instauravano, periodicamente intervallate da momenti a chimismo ipersalino, nella laguna interna.

E' probabile anche che tra il Pb e Zn esista la possibilità di una precipitazione differenziata dovuta a deboli variazioni dell'Eh; già SCHNEIDER (op. cit.) localizza il Pb nella zona di laguna interna più vicino alla scogliera mentre lo Zn e Cd si localizzano in bacinetti, fosse con acque più stagnanti e condizioni di ossido-riduzione più basse. Questo fatto si può notare anche, come si vedrà appresso, nelle rocce del Cambriano medio in Sardegna dove lo Zn (e il Fe) sono localizzati in orizzonti più riducenti (dolomie seure, bituminose) mentre il Pb, spesso associato a barite, è presente, sia pure non in grandi quantità, in sedimenti di ambiente ossidante.

Per concludere nei giacimenti delle Alpi orientali la paleogeografia, determinando differenti ed eteropiche condizioni sedimentologiche, permette l'estrinsecarsi di fenomeni zonali nelle mineralizzazioni sinsedimentari metallifere, fenomeni strettamente connessi all'influenza dei parametri chimico-fisici durante la sedimentazione e la diagenesi.

2.2) - *I giacimenti a Pb-Zn-Cu del Trias medio dei Balcani occidentali (Bulgaria).*

Le dettagliate memorie illustrative di MINCEVA-STEFANOVA (1967, 1971) sulla paragenesi e le strutture dei giacimenti tipo Sedmochislenitsi hanno portato un contributo alla conoscenza della mineralogia e della geochimica della metallogenosi balcanica.

Tuttavia è difficile reperire nella bibliografia uno studio sedimentologico e paleogeografico delle rocce triassiche e giurassiche che contengono la mineralizzazione; studio che ovviamente dovrebbe mettere in luce l'eventuale correlazione tra struttura di ambienti di sedimentazione e adunamenti metalliferi.

Le mineralizzazioni stratiformi di Pb-Zn-Cu dei Balcani occidentali sono comprese in rocce triassiche e giurassiche (Tocco e VIOLO 1972); queste presentano caratteristiche giaciturali e di potenza alquanto differenti che saranno illustrate dopo una breve descrizione stratigrafica (TRONKOV 1960, 1965):

- 1) Trias inf. o Buntsandstein; arenarie e conglomerati rossicci, talvolta siltiti. E' trasgressivo su un basamento paleozoico piegato, metamorfosato e intruso da una granodiorite di età devonica. Sono frequenti numerose strutture di sedimentazione quale impronte d'onda, fratture da insolazione, stratificazione incrociata ecc.
- 2) Trias medio con facies francamente marine e costituite da calcari marnosi, dolomie grigie massive con *Encrinus lilliformis*, *Rynconella*, *Myophoria* ecc.
- 3) Trias superiore (Carnico, Norico e Retico) inizia con dolomie argillose, siltiti e termina con breccie calcaree, marne sempre ben stratificate con *Myophoria*.
- 4) Il Giura può essere trasgressivo con conglomerati e arenarie del Lias, direttamente sul Trias medio o sul Trias inferiore, o può ricoprire col termine superiore (J<sub>3</sub>) il Trias superiore (Fig. 1).

Le variazioni di spessore, connesse evidentemente con la presenza di paleorilievi e con l'ingredire del mare trasgressivo da nord verso

sud, sono chiare soprattutto nelle due zone interessate dalle mineralizzazioni; la regione di Vratza a nord e quella di Isremetz a sud:

a) zona di Vratza. La mineralizzazione (visitata dall'autore nelle miniere di Sedmochislenitzi e Plakalnitza) è costituita da Pb-Zn-Cu e presenta una zonalità verticale con prevalente Cu nelle zone strati-

## REGIONE DI VRATZA

## REGIONE DI ISREMETZ

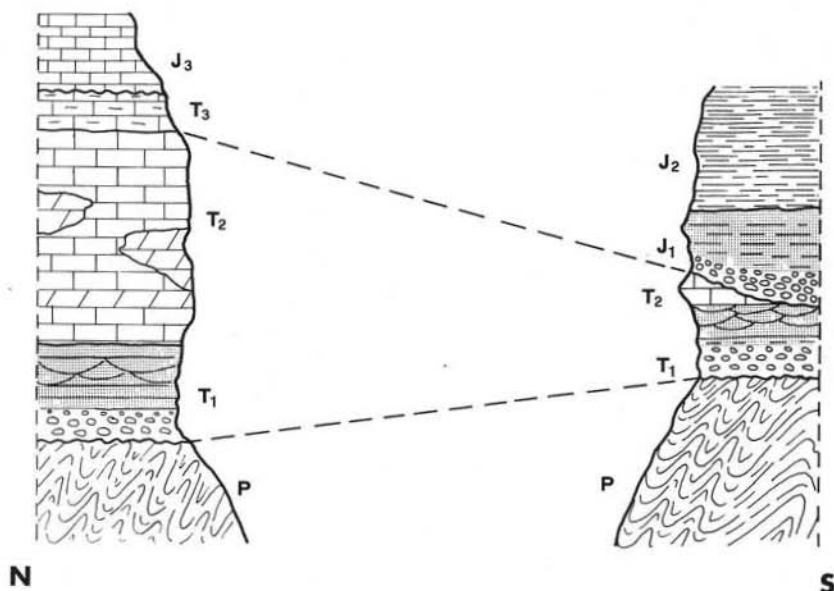


Fig. 1. — Colonne stratigrafiche schematiche attraverso i distretti di Vratza a Nord e Isremetz a Sud. Si nota una notevole riduzione di potenza del Trias medio passando da Nord verso Sud. P: basamento paleozoico. T<sub>1</sub>: Buntsandstein e Rot, conglomerati, arenarie, siltiti. T<sub>2</sub>: Anisico e Ladinico; calcari e dolomie. T<sub>3</sub>: Trias superiore. J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub>: rispettivamente Giura inf., medio e superiore.

graficamente più basse e Pb in quelle più alte. La mineralizzazione è di tipo stratiforme ed è ospitata nei calcari e dolomie nocciola dell'Anisico. Il rame è localizzato vicino al contatto col sottostante Trias inferiore (Buntsandstein e Röt) mentre i misti Pb-Zn e Pb sono stratigraficamente più alti;

b) zona di Isremetz. La mineralizzazione è costituita prevalentemente da Cu localizzato nelle facies detritiche trasgressive; o nel Buntsandstein trasgressivo sul basamento Paleozoico (miniera di Osenoflak) o nel Giura trasgressivo sul Trias medio o Trias inferiore (miniera di Venetz). A Osenoflak la presenza di piccoli paleoalti e bacini conferisce alla mineralizzazione una struttura discontinua e, laddove la serie è più potente, è presente anche una disseminazione di galena nelle arenarie (Tocco e VIOLO 1972); sempre rispettando tuttavia la zonalità del Cu lungo la superficie trasgressiva e in vicinanza dei paleoalti, e del Pb nella parte più alta della serie del Buntsandstein (Fig. 2).

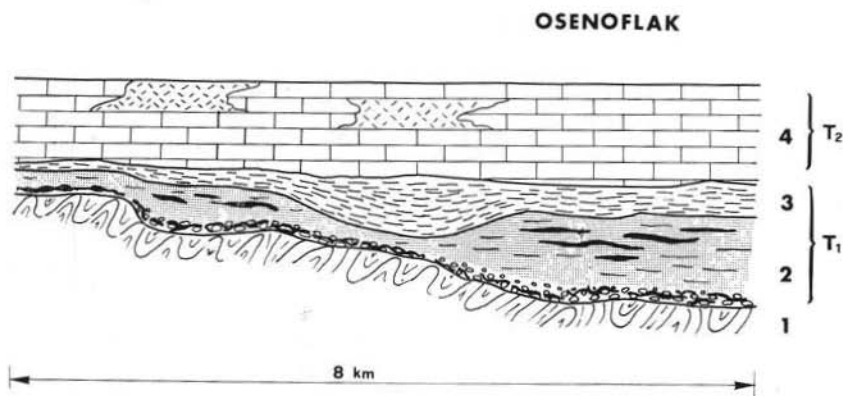


Fig. 2. — Dettaglio della mineralizzazione di Cu e Pb nella miniera di Osenoflak (Bulgaria). La mineralizzazione di Cu è localizzata solo nel conglomerato e arenarie del Buntsandstein sul basamento paleozoico, mentre un po' di galena si rinviene nei livelli superiori del Buntsandstein (lenticelle nere). 1: basamento paleozoico. 2: conglomerati e arenarie del Buntsandstein. 3: siltiti del Rot. 4: calcari e dolomie del Trias medio.

La zonalità che si osserva nelle mineralizzazioni dei Balcani occidentali sembra essere strettamente connessa con l'evoluzione paleogeografica che, condizionando gli ambienti, ha determinato anche le paragenesi.

Un paleocontinente abbastanza eroso e nel quale esistono piccole vene e manifestazioni mineralizzate a Ba, Cu, Pb è coperto progressivamente dal mare triassico. Questo mare si mantiene basso per quasi tutto il Trias sia pure con differenti ambienti; da continentale va



evolvendosi a francamente marino, di piattaforma; è ben ossigenato, abbastanza agitato (brecce intraformazionali, canali di erosione ecc.) ma piccoli bacini protetti possono instaurare ambienti localmente eusini. Non sono infrequenti infatti nelle rocce carbonatiche triassiche nuclei seuri organici, ricchi di pirite framboidale e galena. Un costante apporto detritico, sia pure finissimo, è testimoniato dalla presenza di un certo tenore in argilla in quasi tutte le rocce carbonatiche comprese tra le due trasgressioni (triassica e giurassica).

In questo ambiente la zonalità è condizionata dall'evoluzione continente-piattaforma marina, quella orizzontale dalla invasione marina da nord verso sud.

Il rame si deposita lungo le zone di trasgressione confermando la sua affinità all'ambiente continentale (ROUTHIER 1963, NICOLINI 1970, GARLIK 1967), il Pb e lo Zn invece si depositano solo laddove l'ambiente stesso evolve a condizioni francamente marine. Questo quadro metallogenico è confermato anche laddove la tettonica ha provocato sovrascorrimenti portando scaglie di Trias medio alloctono sul Giura; infatti le scaglie mostrano la stessa mineralizzazione e la stessa zonalità delle rocce triassiche in posto. Non è possibile in questa sede illustrare il complesso quadro metallogenico che vede da una parte una grande varietà nella mineralizzazione di strutture e tessiture (Tocco e VIOLO 1972) e dall'altro una associazione di microelementi quali Co, Ni, Fe, Ag, Cd, Ba, F ecc. presenti sia come minerali accessori sia come oligoelementi nei minerali principali (MINCEVA-STEFANOVA 1971).

### 2-3) *I giacimenti di Pb-Zn nel Trias della Slesia (Polonia).*

I ben noti giacimenti di Pb-Zn della Slesia sono stati oggetto di ogni possibile interpretazione genetica (GALKIEVICZ 1967, GRUSZCZYK 1967, SMOLARSKA 1968a, PADALINO et Al. 1971) per cui sarebbe molto difficile proporre un'altra.

Seguendo tuttavia le differenti scale di analisi (suggerite da AMSTUTZ (AMSTUTZ 1971) l'autore di questa nota, che ha visitato e studiato per alcuni mesi i distretti minerari di Bythom e Chrzanow, ritiene che la interpretazione data da GRUSZCZYK e i suoi Collaboratori sia confortata da numerosi dati di osservazione e soprattutto si inquadra in una visione metallogenica abbastanza generale.

La serie del Trias di facies «germanica» della Polonia, che riposa su un basamento paleozoico, in cui il Carbonifero è ricco di orizzonti produttivi, è costituita da basso (SLIWINSKI 1964, 1969):

- Buntsandstein inf.: arenarie grigie verdastre, argille e calcari e dolomie conglomeratiche.
- Buntsandstein sup. (Röt): dolomie marnose e nella parte più alta calcare cavernoso; questo calcare affiora nella zona più occidentale mentre in quella orientale è sostituito da dolomia. Minuti cristalli di gesso sono presenti nelle dolomie del Röt.
- Muschelkalk inf.: calcare marnoso «Gogolin» costituito da letti calcareo-marnosi ben stratificati, con sottili intercalari argillosi e breccie intraformazionali. Sopra la formazione «Gogolin» riposano le formazioni «Goradza», «Terebratula» e «Karchowice» a ovest e «Olkusz» a est. Queste formazioni sono state localmente trasformate in una dolomia grigia-marrone chiamata «ore-bearing dolomite» (SLIVINSKI 1969, BOGACZ et Al. 1972); questa formazione racchiude i più importanti adunamenti di Pb e Zn.
- Muschelkalk medio-superiore: dolomie con alghe *Diplopora* e talvolta *Crinoidi*; sono frequenti anche dolomie marnose. Nella zona più a settentrione del distretto minerario si rinviene una notevole quantità di gesso.
- Keuper: argille e dolomie con intercalazione di gesso o carbone.
- Giura medio e superiore: marne glauconitiche, ooliti ferruginose, arenarie e conglomerati; marne e calcari massicci.

Queste serie triassica e giurassica sono localmente coperte da orizzonti argillosi del Terziario.

Numerose variazioni di potenza nei singoli termini mesozoici testimoniano la presenza di ondulazioni del fondo marino, che, come si vede dalla precedente descrizione, si è sempre mantenuto molto basso, di piattaforma.

L'evoluzione paleogeografica dell'area cracoviana vede una zona periferica del bacino triassico epicontinentale, periodicamente a contatto col mare. La litologia della serie risente di questa situazione geografica; verso la zona marginale della piattaforma prevalgono le rocce calcareo-dolomitiche, mentre nella zona più interna della piattaforma, prevalgono gli orizzonti evaporitici (gesso, anidrite).

Le mineralizzazioni sono costituite da solfuro di Pb, Zn e Fe nelle loro varietà cristalline e metacolloidali (galena, blenda, wurzite, piritite, marcasite, boleslavite, brunkite, melnikovite, ecc.) con subordinate quantità di barite e solfo-arseniuri di piombo e di ferro.

La forma dei corpi mineralizzati è perlopiù lentiforme concordanti con la stratificazione della dolomia incassante (SMOLARSKA 1968a); subordinata la giacitura filoniana.



Fig. 3. — Localizzazione delle mineralizzazioni piombo-zincifere della Polonia (da GRUSZCZYK 1966). 1: rocce triassiche. 2: rocce pretriassiche. 3: area del distretto cracoviano. 4: mineralizzazioni al di fuori dell'area cracoviana.

Come ha rimarcato GRUSZCZYK (op. cit.) una zonalità orizzontale ed una verticale è avvertibile nelle zone mineralizzate slesiane.

A scala regionale le mineralizzazioni si localizzano lungo le zone di contatto tra le formazioni pre-triassiche e la copertura triassica (Fig. 3).

A scala locale l'area delle « ore-bearing dolomite » mostra una zonalità più differenziata; una fascia più esterna dove ricorre un po' di barite e prevale il Pb; una fascia più interna a prevalente solfuro di Zn. La zona centrale è pressochè priva di importanti adunamenti (Fig. 4).

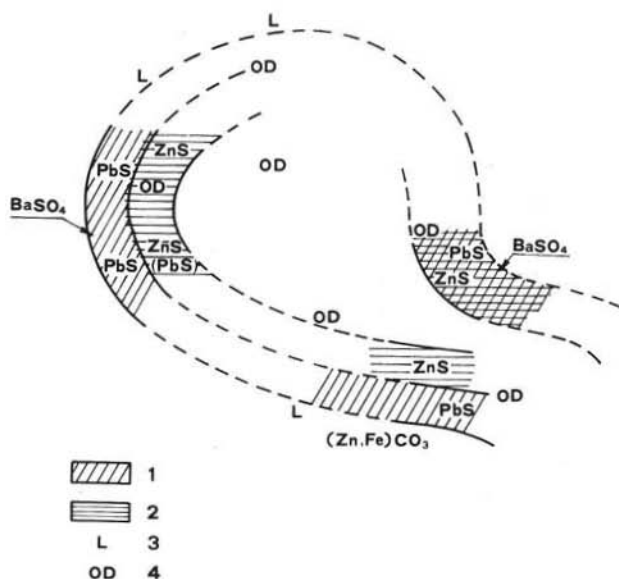


Fig. 4. — Zonalità delle mineralizzazioni nell'area eracoviana (da GRUSZCZYK 1966). 1: mineralizzazioni prevalentemente piombifere. 2: mineralizzazioni prevalentemente zincifere. 3: calcare. 4: « ore-bearing dolomite ».

A scala del giacimento si può notare come le mineralizzazioni siano prevalenti nella parte più bassa della dolomia, vicino al contatto con la sottostante formazione calcarea. Una zonalità verticale è messa in risalto dalla presenza di due orizzonti mineralizzati: quello più basso (da 0.5 a 1.5 m sopra il contatto calcare-dolomia) ed uno più alto e più continuo che è separato dall'orizzonte inferiore da circa 40 m di « ore-bearing dolomite ». Questo intercalare di dolomia e quello sovrastante gli orizzonti mineralizzati contengono deboli quantità di blenda disseminata (SMOLARSKA 1968a).

L'orizzonte mineralizzato principale mostra la zonalità seguente che è costituita (dal basso):

- blenda con quantità subordinata di marcasite;
- mineralizzazione blendosa brecciata che passa ancora a blenda ben listata;
- galena con frequenti tessiture brecciate.

Localmente questa zonalità può essere obliterata da fenomeni diagenetici e catagenetici (GRUSZCZYK op. cit.) e soprattutto da successivi fenomeni di rimobilizzazione in ambiente carsico (PADALINO et Al. 1971, BOGADZ, DZULYNSKI e HARANCZYK 1973) tuttavia è rispettata a scala regionale, e testimonia, ancora una volta, la stretta correlazione tra l'ambiente sedimentare e il tipo di metallo deposto. Anche se l'origine dello Zn, Pb e Fe è ancora sconosciuto, Gruszczuk ipotizza un trasporto, forse da formazioni paleozoiche, in sospensione colloidale con deposizione differenziata per il Pb e lo Zn in funzione della loro diversa sensibilità alla variazione delle condizioni chimiche del bacino di sedimentazione; questa diversa sensibilità connessa con le variazioni cicliche del bacino dall'esterno verso l'interno può essere la causa della sopra citata zonalità (GRUSZCZYK op. cit.).

### 3. - I giacimenti di Pb-Zn-Fe-Ba del Cambriano medio della Sardegna (Italia).

La serie del Cambriano inferiore e medio della Sardegna ospita, come è noto, uno dei maggiori distretti metalliferi d'Italia.

Anche per questo distretto negli ultimi quindici anni le ipotesi genetiche, e quindi le ricerche geominerarie, hanno subito notevoli variazioni; da una prima interpretazione (a parte le antiche e oramai storiche ipotesi nettunistiche) che assegnava la formazione della stragrande maggioranza dei depositi metallici al corteo delle manifestazioni ad affinità magmatica dell'Ercinico si è passato, attraverso una revisione critica dei dati di osservazione e soprattutto per confronto con mineralizzazioni simili, ad una ipotesi singenetica o vulcano-sedimentare (MUNCH 1960, ZUFFARDI 1965, 1968, BRUSCA e DASSAU 1968).

Le analisi delle strutture generali delle mineralizzazioni sono complicate da numerosi fattori tra i quali la tettonizzazione della serie, la presenza di grandi cicli rimobilizzanti, l'assenza di un basamento

sicuramente precambriano visibile e soprattutto dalla massiccia presenza di rocce eruttive erciniche che per molti anni hanno calamitato l'attenzione dei prospettori quale causa della messa in posto dei corpi mineralizzati. Schematicamente la serie del Cambriano medio della Sardegna è costituita dal basso:

- *formazione delle « Arenarie »*, la cui base è sconosciuta, costituita da alternanza di letti arenacei e siltitici con lenti e banchi carbonatici, sovente a struttura oolitica nella parte più alta del complesso (zona delle « alternanze »);
- *formazione del « Metallifero »*, costituita alla base da dolomie algali, laminate, da dolomie grigie massive e da un calcare a grana fine, ceruleo sovente estensivamente trasformato in dolomia gialla ankeritica. Questo complesso termina verso l'alto con un sottile orizzonte di calcari nodulari, con sottili letti argillosi, ricchi di frammenti di fossili (calcescisti);
- *formazione degli « Argiloscisti »*, (scisti di Cabitza) costituita da alternanza di argiloscisti e arenarie scistose, intensamente piegati.

Su questa serie del Cambriano medio riposa, in discordanza, il conglomerato trasgressivo ordoviciano.

La mineralizzazione è concentrata quasi esclusivamente nell'orizzonte carbonatico, il cosiddetto « Metallifero », e presenta una zonalità sia verticale che orizzontale che è funzione dell'evoluzione delle condizioni paleografiche del bacino sedimentare cambriano.

Questa correlazione tra la zonalità e le condizioni sedimentogeniche cambriane era già stata messa in risalto da precedenti autori (MUNCH 1960, WILKE et Al. 1960, BRUSCA e DESSAU 1968) tuttavia in questi ultimi anni ricerche sedimentologiche dettagliate sulle facies carbonatiche (GANDIN et Al. 1973, GANDIN, PADALINO e VIOLO 1974) hanno permesso una più esatta e accurata ricostruzione paleo-ambientale.

#### a) *La zonalità verticale.*

Trascurando i pur importanti fenomeni di ricircolazione che certamente hanno mascherato e alterato gli iniziali rapporti di contenuto Pb-Zn nelle rocce carbonatiche, si possono riconoscere in prima approssimazione due fasce sovrapposte di mineralizzazione; la prima, stratigraficamente più bassa, è localizzata, a seconda della zona dove ricorre, nelle arenarie vicino al contatto con la sovrastante « dolomia

rigata » (cioè nelle alternanze), nelle « dolomie rigate » stesse o addirittura nel calcare ceroide ma sempre vicino alle sottostanti « dolomie rigate ».

La seconda fascia mineralizzata è in genere compresa nella parte alta del « calcare ceroide » o addirittura nei sovrastanti « calcescisti ».

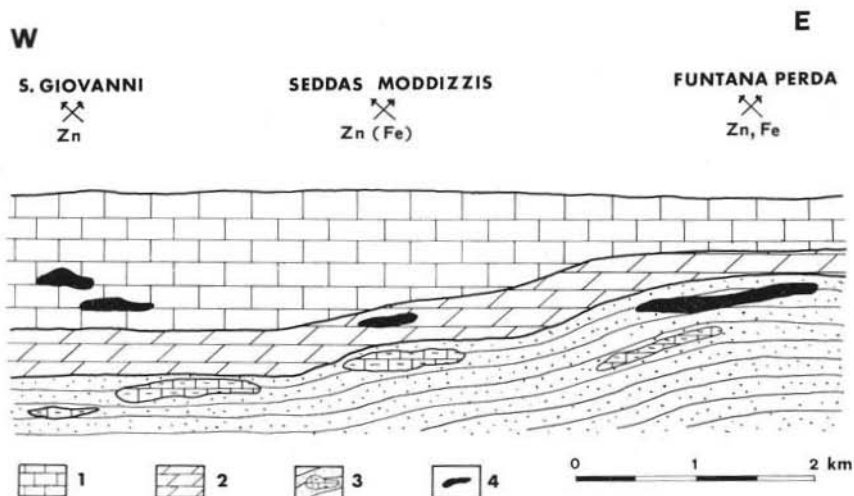


Fig. 5. — Variazioni di localizzazione stratigrafica delle mineralizzazioni inferiori nel « Metallifero » cambriano. Nella miniera di S. Giovanni prevale lo Zn (« calcare blendoso »); verso Est aumenta il tenore in Fe e i corpi mineralizzati sono localizzati o nella « dolomia rigata » (Seddas Moddizzis) o nelle « Alternanze » (Funtana Perda). 1: calcare «ceroide». 2: «dolomia rigata». 3: «Arenarie» con lenti carbonatiche intercalate. 4: mineralizzazioni di Zn o di Zn e Fe.

La composizione mineralogica e le strutture dei due orizzonti mineralizzati sono ben differenziati probabilmente in stretta correlazione con l'apporto dei metalli nel bacino sedimentare, con l'ambiente di sedimentazione e anche con le vicende tettoniche e chimiche rimobilizzanti.

L'orizzonte mineralico inferiore è caratterizzato da una composizione essenzialmente zincifera che si arricchisce localmente di pirite, soprattutto andando dai settori occidentali verso quelli orientali (Fig. 5). La geometria dei corpi mineralizzati è abbastanza chiaramente strati-

forme o peneconcordante, almeno a scala regionale, soprattutto per quelli stratigraficamente più bassi (MARCELLO, SALVADORI e ZUFFARDI 1965 a, b).

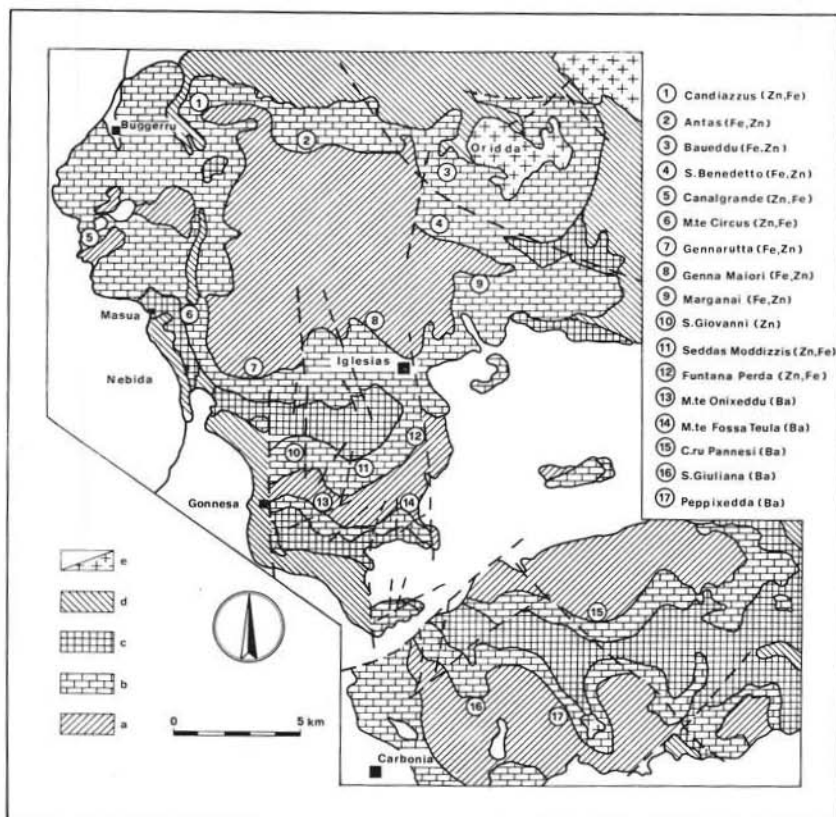


Fig. 6. — Carta geologica schematica dei terreni cambriani e ordoviciani dell'Ighesiente e del Sulcis settentrionale. Sono state riportate sulla carta alcune mineralizzazioni basali del « Metallifero » ubicate cioè nella « dolomia rigata » o al contatto con le sottostanti « arenarie ». A Ovest di Nebida e Masua c'è il Mar Tirreno. a: « Arenarie » e « Alternanze ». b: « Metallifero ». c: « scisti di Cabitza ». d: sedimenti ordoviciani. e: graniti e sedimenti post-ordoviciani.

Verso Sud, praticamente dall'allineamento M.te Uda-M.te Onixeddu-M.te Barega-M.te Arcau verso il Sulcis settentrionale (Fig. 6) questa mineralizzazione pur localizzata sempre nella parte più bassa del Metallifero (nella dolomia rigata o al contatto con le « arenarie »),



mostra solo sporadiche concentrazioni di Zn, Pb e Fe (GANDIN, PADALINO e VIOLO 1974) ed è sostituita da potenti e continui banchi di barite (localmente la barite può essere estensivamente sostituita da quarzo e calcedonio).

L'orizzonte mineralico superiore è invece costituito prevalentemente da galena con locali concentrazioni di barite e minori quantità di blenda. La struttura è costituita da una fine disseminazione di stelline, venette di solfuri e barite che sovente mostrano chiaramente gli effetti di una rimobilizzazione che è cominciata già durante le fasi diagenetiche del calcare ceroide ed è stata ripresa per successivi fenomeni di « stress » e di alterazione chimica. Questo orizzonte, che comprende una fascia di oltre 50 m di calcare ceroide mineralizzato a basso tenore è molto continuo ed è ben visibile nel Sulcis settentrionale (VIOLO 1973) mentre nell'Iglesiente s.s. i grandi fenomeni di dolomitizzazione epigenetici hanno mascherato, con la ricircolazione, la distribuzione primaria (PADALINO et Al. 1973).

#### b) *La zonalità orizzontale.*

Le variazioni spaziali di composizione mineralica che si osservano oggi nel settore cambriano sono di difficile interpretazione a causa delle notevoli dislocazioni tettoniche che le formazioni hanno subito, e per il seppellimento di larghe porzioni di « Metallifero » sotto sedimenti più recenti (ad es. nella Valle del Cixerri). La bibliografia esistente inoltre fornisce dati quasi sempre limitati ad aree mineralizzate abbastanza ristrette e manca uno studio sedimentologico generale che chiarisca definitivamente in termini di parametri chimico-fisici l'ambiente di sedimentazione degli orizzonti carbonatici.

Sulla scorta dei lavori precedenti (BENZ 1964, MARCELLO, SALVADORI e ZUFFARDI 1965 a, b, PRETTI e SALVADORI 1965, TAMBURRINI e VIOLO 1965, BRUSCA e TAMBURRINI 1966, BRUSCA e DESSAU 1968) e degli studi intrapresi recentemente dall'autore di questa nota (GANDIN et Al. 1973; GANDIN, PADALINO e VIOLO 1974) sembra di poter riconoscere, soprattutto per la mineralizzazione dell'orizzonte inferiore, due direzioni eteropiche:

- Evoluzione della mineralizzazione basale dei settori occidentali verso quelli orientali, soprattutto per alcune zone dell'anello metallifero di Iglesias. Come è stato già messo in risalto per la miniera di S. Giovanni (BRUSCA e DESSAU op. cit.), a parte una insignificante

impregnazione di solfuri nella zona delle « alternanze », la mineralizzazione stratigraficamente più bassa (le masse del « blendoso » — calcare con disseminazione di blenda e subordinata pirite e galena (URAS 1965) —) appare già nel calcare ceroide, vicino però alle sottostanti dolomie. Questa mineralizzazione ricorre vicino a una faglia diretta circa N-S (faglia di S. Antonio) che gli autori citati ritengono attiva già durante la sedimentazione cambrica e che avrebbe provocato una accentuata subsidenza nel settore occidentale rispetto a quello orientale (Fig. 5). Spingendosi verso E lungo la stessa gamba meridionale della sinclinale di Iglesias si incontra il giacimento di Seddas Moddizzis incassato nella « dolomia rigata », non lontano dal contatto con le sottostanti arenarie. Allo estremo settore orientale infine si rinviene l'analogo giacimento di Campo Pisano-Funtana Perda la cui somiglianza con Seddas Moddizzis era già stata messa in risalto precedentemente (MARCELLO, SALVADORI e ZUFFARDI 1965 a, b).

Il giacimento di Funtana Perda però è ubicato nella parte più bassa delle « dolomie rigate » stesse, addirittura nelle « alternanze ». E' probabile quindi che il motivo già riscontrato per la miniera di S. Giovanni sia valido a scala generale, cioè un passaggio etropico verso Est con una mineralizzazione coeva ma ubicata in zone sempre più basse stratigraficamente.

Lo stesso progressivo arricchimento in solfuri di Fe, la presenza di dolomie seure, più marcatamente di ambiente eusinico testimonia il passaggio da zone marginali di piattaforma a sedimentazione carbonatica verso ambienti più chiusi, con più sporadici contatti col mare aperto.

L'allineamento più meridionale di M.te Onixeddu-M.te Barega-M.te Arcau riproduce, sia pure solo alla scala di indizi mineralizzati, lo stesso motivo zonale (MARIANI 1969).

- Evoluzione della mineralizzazione basale da S verso N. A scala regionale e senza entrare in grande dettaglio, questa zonalità è molto ben marcata e visibile. La valle del Cixerri costituisce una zona di separazione netta tra il Sulcis settentrionale e Iglesiente s.s. (VIOLÒ 1973). Nel settore meridionale le dolomie rigate basali indicano chiaramente un ambiente ad elevata salinità con precipitazione, sia pure sporadica, di halite e anidrite (GANDIN, PADALINO e VIOLÒ 1974). In questo ambiente si ha una deposizione in lagune

a regime evaporitico di notevoli quantità di solfato di bario (in molti casi pseudomorfo su anidrite e di sostituzione di facies carbonatiche).

Nel settore a N, nella parte più interna del golfo cambriano, si accentua la possibilità di formazione di bacini localmente riducenti con precipitazione di solfuri secondo modalità che sono state già altre volte illustrate nelle numerose pubblicazioni sulle mineralizzazioni del Cambriano della Sardegna.

Tralasciando in questa sede l'argomento sulle modalità di trasporto o di apporto dei metalli e sulla localizzazione delle terre emerse durante la sedimentazione cambrica, è opportuno accennare tuttavia che COCOZZA individuando la possibilità della presenza di zolle continentali precambriche negli affioramenti gneissici di Capo Spartivento nel settore più meridionale dell'Isola (COCOZZA 1974) e BRUSCA e DESSAU (op. cit.) ipotizzando un massiccio continentale precambrico laddove ora affiorano le arenarie cambriche di Antas, pochi chilometri a N della Valle di Iglesias, si viene a delineare un ampio golfo di sedimentazione cambrica con apertura verso il mare aperto verso cioè W o SW. Questa situazione è anche confermata dalle linee di invasione del mare ordoviciano che è ingredito, almeno per la zona in esame, da occidente verso oriente.

Concludendo, sembra chiaro come, sia pure a scala forse un po' più ridotta di quella degli altri distretti minerari precedentemente descritti e con tutte le cautele che l'interpretazione paleogeografica in rocce molto antiche necessitano, le zonalità della distribuzione mineralica nelle rocce del Cambriano della Sardegna rispettano a grande scala, come è ovvio aspettarsi, le leggi sedimentologiche generali; di maggiore difficoltà è invece l'interpretazione dei parametri locali che possono portare a grossi adunamenti anziché a piccoli indizi o addirittura a anomalie geochimiche positive (STRAKHOV 1967, VIOLO e ZUFFARDI 1970)

#### 4. - Conclusioni.

Le mineralizzazioni descritte in questa memoria sono abbastanza esemplari, nel senso che l'influenza della paleogeografia sulla distribuzione e associazione dei metalli è estremamente chiara in alcuni casi (ad es. gli adunamenti nel Trias alpino delle Alpi orientali o quelli

dei Balcani occidentali); in altri è ipotizzabile o la si ricava dalla sintesi di altri dati di osservazione (ad es. per i giacimenti insediati nel Cambriano della Sardegna).

Sembra logico dedurre che la zonalità, sia verticale che orizzontale, non può essere presa come parametro caratteristico per un modello genetico bensì è l'espressione di leggi metallogeniche generali che sovente si fondono e si completano con i fenomeni sedimentari e diagenetici delle rocce che racchiudono ammassi mineralizzati.

Nel caso di adunamenti sinsedimentari lo studio delle caratteristiche sedimentologiche del bacino sedimentare permette a sua volta la individuazione di andamenti zionali delle mineralizzazioni aiutando in ultima analisi la prospezione geomineraria. Illuminante è, a questo riguardo, il caso delle mineralizzazioni dei Balcani occidentali dove in ossequio ad una visione genetica di tipo idrotermale tutte le ricerche erano, e lo sono tutt'ora in gran parte, concentrate lungo le linee di frattura principali e secondarie ritenute le vie alimentatrici per i convogli mineralizzati. Tuttavia recentemente alcuni sondaggi ubicati un po' lontano dalle linee tettoniche e in zone ritenute sterili hanno incontrato orizzonti mineralizzati esattamente nella stessa posizione stratigrafica degli adunamenti metallici principali (Kalaidjiev <sup>(1)</sup>: comunicazione personale). Naturalmente la zonalità primaria può essere, come nel caso delle mineralizzazioni cambriche della Sardegna, grandemente alterata e obliterata dai fenomeni di ricircolazione che modificando i mutui rapporti paragenetici dei minerali producono un assetto finale ben differente di quello iniziale.

Cagliari 1974.

Istituto di Giacimenti Minerari, Geofisica e Scienze Geologiche dell'Università degli Studi di Cagliari, diretto dal Prof. Ivo Uras.

#### BIBLIOGRAFIA

- AMSTUTZ G. C. (1958a) - *The genesis of the Mississippi valley type deposits.* USA, *Experientia*, 14; 235.
- AMSTUTZ G. C. (1958b) - *Syngenetic zoning in ore deposits.* Proc. Geol. Assoc. Can., 11; 95-113.
- AMSTUTZ G. C. (1962) - *L'origine des gîtes minéraux concordants dans les roches sédimentaires.* Cronique Mines Outre-Mer Rech. Minière, 308; 115-126.

(<sup>1</sup>) Direttore del Servizio geologico bulgaro.

- AMSTUTZ G. C. (1963) - *Space, Time, and Symmetry in Zoning*. Symposium « Problems of Post-magmatic Ore-Deposition ». Vol. I Prague; 33-37.
- AMSTUTZ G. C. (1971) - *Observational criteria of the classification of Mississippi Valley - Bleiberg - Silesia type of deposits (an attempt at a brief summary)*. Proceed. of 2nd Intern. Symp. on the Mineral Deposits of the Alps. Bled; 207-215.
- BENZ J. P. (1964) - *Le gisement plombo-zincifère d'Arenas (Sardaigne)*. Travaux du Laboratoire de Sciences de la Terre de l'Ecole des Mines, Nancy.
- BOGACZ K., DŻULYŃSKI S., HARAŃCZYK C., SOB CZYŃSKY P. (1972) - *Contact relations of the ore-bearing Dolomite in Triassic of the Cracow-Silesian Region*. Ann. de la Soc. Géol. de Pologne, Kraków, XLII; 348-371.
- BOGACZ K., DŻULYŃSKI S., HARAŃCZYK C. (1973) - *Caves filled with clastic dolomite and galena mineralization in disaggregated dolomites*. Annal. de la Soc. Geol. De Pologne, Kraków, XLIII - 59-72.
- BRUSCA C., DESSAU G. (1968) - *I giacimenti piombo zinciferi di S. Giovanni (Iglesias) nel quadro della geologia del Cambrico sardo*. L'Industria Mineraria, XIX; 1-52.
- BRUSCA C., TAMBURRINI D. (1966) - *Indizi di mineralizzazione a solfuri nei calcescisti cambrici*. Res. Ass. Min. Sarda, 71, 8; 7-27.
- CHILINGAR G. V., BISSEL H. S., WOLF K. H. (1967) - *Diagenesis of Carbonate rocks*. Develop. in sedimentology, 8; 179-322.
- COCOZZA T. (1974) - *Structural Pattern of Sardinia*. In corso di stampa sulle note illustrative del « Modello Strutturale » di Italia al milione. Quaderni del CNR.
- DI COLBERTALDO D. (1948) - *The lead-zinc deposits at Raibl in Friuli*. Int. Geol. Cong. 18th. London, Dept. 7, 1-15.
- DI COLBERTALDO D. (1957) - *Sulla nuova ipotesi dell'origine sedimentaria dei giacimenti alpini tipo Bleiberg*. Rend. Soc. Mineral. Ital., 13; 205-212.
- GALKIEWICZ T. (1967) - *Genesis of Silesian - Cracovian zinc-lead deposits*. Monograph 3, Econ. Geol. 156-168.
- GANDIN A., PADALINO G., TOCCO S., VIOLO M. (1973) - *Un esempio di deposizione stratiforme di barite nella « dolomia rigata » del Cambrico della Sardegna sud-occidentale. Tentativo di correlazione tra l'ambiente di sedimentazione e la precipitazione del solfato di bario*. Nota I. Boll. Soc. Geol. Ital. 92; 329-354.
- GANDIN A., PADALINO G., VIOLO M. (1974) - *Correlation between sedimentation environment and ore-prospecting. Sedimentological and ore-genesis studies on Cambrian « arenarie » and « dolomie rigate » members (Sardinia - Italy); deposition and concentration of barite in evaporitic environment*. Rend. Soc. Min. e Petr. Ital. XXX (1); 251-303.
- GARLIK W. G. (1967) - *Special features and sedimentary facies of stratiform sulphide deposits in arenites*. Ciclostilato, Zambia; 1-68.
- GRUSZCZYK H. (1966) - *The genesis of the Silesian-Cracow deposits of lead-zinc ores*. Econ. Geol., Monograph 3; 169-177.

- HEGEMANN F. (1960) - *Über extrusiv-sedimentäre Erzlagerstätten der Ostalpen. II: Blei-Zinkerzlagerstätten*. Erzmetall. 13; 122-127.
- LAFFITTE P. (1967) - *Cartographie metallogénique et gîtes stratiformes; un metalotecte épicontinental*. Econ. Geol.; monogr. 3; 227-233.
- MARIANI T. (1969) - *Studio paleogeografico e geochimico dell'area di M.te Arcau - M.te Barega in funzione dei principi che regolano le concentrazioni metalliche e relativa ricerca mineraria*. Tesi di laurea; Istituto di Giacimenti Minerari dell'Università di Cagliari; 1-106.
- MARCELLO A., SALVADORI I., ZUFFARDI P. (1965a) - *Contributo alla conoscenza delle mineralizzazioni del Cambrico Sardo; nota II: I giacimenti di Campo Pisano e Funtana Perda*. Symposium sui problemi geominerari sardi. Cagliari-Iglesias; 55-82.
- MARCELLO A., SALVADORI I., ZUFFARDI P. (1965b) - *Contributo alla conoscenza delle mineralizzazioni nel Cambrico Sardo; Nota III: I giacimenti di Seddas Moddizis*. Symposium sui problemi geominerari sardi. Cagliari-Iglesias; 83-95.
- MAUCHER A., SCHNEIDER H. J. (1967) - *The Alpine lead-zinc ores*. Econ. Geol. Monograph 3; 71-86.
- MINCEVA-STEFANOVA J. (1967) - *The genesis of the stratiform lead-zinc deposits of the «Sedmochistenitsi» type in Bulgaria*. Econ. Geol. Monograph 3; 147-155.
- MINCEVA-STEFANOVA J. (1971) - *Mineral composition and origin of the stratiform polymetallic ore deposits in the Balkanides compared with the stratiform lead-zinc deposits of the Alps*. Proceedings of the 2nd Intern. Symposium on the Mineral Deposits of the Alps. Bled; 301-313.
- MÜNCH W. (1960) - *Ricerche geo-giacimentologiche in Sardegna*. Giornate di studio sulle ricerche geo-giacimentologiche, I, 2, AMMI S.p.A. Roma, 1-8.
- NICOLINI P. (1970) - *Gitologie des concentrations minérales stratiformes*. Gauthier-Villars, Paris; 769.
- PETRASCHECK W. E. (1960) - *Die Alpin-mediterrane Blei-zincprovinz*. Erzmetall. 13; 199-204.
- PADALINO G., PRETTI S., TOCCO S., VIOLO M. (1971) - *Some examples of lead-zinc-barite depositions in karstic environments*. Proceed. of the 2nd Intern. Symposium on the mineral deposits of the Alps. Bled; 195-205.
- PRETTI S., SALVADORI I. (1965) - *Contributo alla conoscenza delle mineralizzazioni nel Cambrico Sardo; Nota IV: la zona di Candiazzus*. Symposium sui problemi geominerari Sardi. Cagliari-Iglesias; 97-129.
- ROUTHIER P. (1963) - *Les gisements métallifères*. 2 V. Masson, Paris, 1282 pp.
- SCHNEIDER H. J. (1963) - *Facies differentiation and controlling factors for the depositional lead-zinc concentration in the Ladinian geosyncline of the eastern Alps*. Develop. in Sedimentology, 2; 29-45.
- SMOLARSKA I. (1968a) - *Charakterystyka Złoza rud cynku i ołowiu kopalni Trzebionka* (characteristic of the zinc and lead ore-deposit of the Trzebionka mine). Polska Ak. Nauk, Warszawa 47; 1-60.

- SMOLARSKA I. (1968b) - *Charakterystyka mineralogiczna dolomitów kruszczośnych wschodniej części ślasko-krakowskiego zachebia kruszcowego* (mineralogic characteristics of the ore-bearing dolomite of the eastern part of the Silesia-Cracow ore district). *Polska Ak. Nauk, Warszawa*, 13; 7-44.
- SLIWIŃSKI S. (1964) - *Przejawy Mineralizacji kruszcowej w utworach dewońskich i triasowych obszaru siewierskiego* (mineralization of Devonian and Triassic rocks in the area of Siewierz). *Ann. del a Soc. Geol. de Pologne*, XXXIV 151-190.
- SLIWIŃSKI S. (1969) - *Rozwoj Dolomitów kruszczośnych w obszarze krakowsko-ślaskim* (the development of ore-bearing dolomites in the Cracow-Silesian area). *Polska Ak. Nauk, Wroczaw*, 57; 7-109.
- SCHULZ O. (1963) - *Lead-zinc deposits in the calcareous Alps as an example of submarine-hydrothermal formation of mineral deposits*. *Develop. in Sedimentology* 2; 47-52.
- STRAKHOV V. M. (1967) - *Principles of lithogenesis*. Oliver and Boyd, Edinburg; 245.
- STRUCL I. (1965) - *Some ideas on the genesis of the karavanke lead-zinc ore deposits with special regard to the Mezica ore deposit*. *Rudarsko-Metalurški zbornik*, 2; 155-164.
- STRUCL I. (1971) - *On the geology of the eastern part of the northern Karawankes with special regard to the Triassic lead-zinc deposits*. *Sedimentology of parts of central Europe*; Guide-book VIII Int. Sedim. Congress, 285-301.
- TAUPITZ K. C. (1954) - *Erze sedimentärer ent stehung auf alpinen Lagerstätten des Typs «Bleiberg»*. *Erzmetall* 7; 343-349.
- TAMBURRINI D., VIOLO M. (1965) - *Il giacimento a baritina di M.te Barea, M.te Arcau* (Iglesiente, Sardegna). *Ric. Sci.* 35 (II-A); 814-848.
- TOCCO S., VIOLO M. (1972) - *Le mineralizzazioni stratiformi di Cu-Zn-Pb dei Balcani occidentali (Bulgaria); osservazioni geogiacimentologiche*. *Rend. Ass. Min. Sarda*, n. 7, 4-21.
- TORNQUIST A. (1929) - *Die Vererzungsperioden in den Ostalpen*. *Metall Erz.* 26; 241-246.
- TRONKOV D. (1960) - *Über die Stratigraphie der Trias im Iskar-Durchbruch*. *Ann. Dir. Génér. rech. Géol. Sér. A. Sofia*; 131-153.
- TRONKOV D. (1965) - *Tektonischer Bau und Analyse der strukturen des Vracaner Blocs in Westbalkan Plastische Deformationen in der Nachbarschaft der Bruchflächen*. *Tr. géol. Bulg. Sér. strat. et tect.* VI, Sofia; 217-257.
- URAS I. (1965) - *Contributo alla conoscenza dei calcari blendosi della miniera di S. Giovanni*. *Symposium sui problemi geominerari sardi*; Cagliari-Iglesias, 173-190.
- VIOLO M., ZUFFARDI P. (1971) - *Geochemical metal distributions in the Cambrian System of Sardinia, Italy and their Paleogeographic control*. *Soc. Mining Geol. Japan, Spec. Issue* 3; 160-162.

- VIOLO M. (1973) - *Guida per l'escursione alle mineralizzazioni della regione del Cixerri (Iglesiente-Sulcis; Sardegna)*. Vol. I, E.M.Sa.; 75-93.
- WILKE A., EHRENDREICH H., MUNCH W., SIEBDRAHT H. (1960) - *Montageologische Untersuchungen in italienischen Blei-Zink-Erzbergwerken, a) im Gebiet von Iglesias, Sardinien; b) in den Bergamasker Alpen*. Resumé «Erz metall» 13; 459.
- ZUFFARDI P. (1965) - *Strutture sedimentarie in talune mineralizzazioni paleozoiche sarde a solfuri*. Res. Ass. Min. Sarda, 5; 5-23.
- ZUFFARDI P. (1968) - *Transformism in the genesis of ores deposits; examples from Sardinian lead-zinc deposits*. XXIII Intern. Geol. Congress, 7, Prague; 137-149.
- ZUFFARDI P. (1970) - *La metallogenese du plomb du zinc et du barium en Sardaigne; un exemple de permanence de polygénétisme et de transformisme*. Annal. Soc. Geol. Belgique, 92: 321-344.