

Beziehungen zwischen den metallogenetischen, petrographischen und geochemischen Provinzen der Balkanhalbinsel und Kleinasiens

Stevan Karamata*

Zusammenfassung

Auf der Balkanhalbinsel und in Kleinasien bestehen je zwei metallogenetische, petrologische und geochemische Provinzen:

a) die Pb-Zn (Sb-Ag) führende metallogenetische Provinz, die genetisch an den sialischen, K-betonten, tertiären Magmatismus, der an Pb angereichert und an Cu arm war, gebunden ist, und der die geochemischen Pb-Provinzen der Dinariden Helleniden, der serbisch-mazedonischen Masse, der östlichen und südlichen Rodopen und der Anatoliden entsprechen, und

b) die Cu-führende metallogenetische Provinz, die genetisch an den kretazisch-tertiären, kalkalkalischen bis K-betonten, hybriden, an Cu angereicherten und Pb armen Magmatismus gebunden ist, wobei die beiden zusammen der geochemischen Cu-Provinz der Balkaniden (Timok-Eruptivkomplex und Srednjejorje) und der Pontiden entsprechen.

Abstract

"Correlation of metallogenic, petrologic and geochemical provinces on the Balkan Peninsula and in Asia Minor"

On the Balkan Peninsula and in Asia Minor (Fig. 1) in Balkanides (Eastern Serbia and Srednjejorje in Bulgaria) and in Pontides (Turkey) exists a Cu-metallogenic province associated with andesitic and monzonitic igneous activity of Cretaceous-Tertiary age, i. e. with a Cretaceous-Tertiary hybrid, Ca-alkaline to potassic petrographic province (Fig. 3). More to the west and south the Pb-Zn-Sb-Ag metallogenic province of Dinarides, Hellenides, the Serbo-Mazedonian

* Prof. Dr.-Ing. S. Karamata, Rudarsko-geološki fakultet, Djusina 7, 11 000 Beograd, Yugoslavia.

Mass, Eastern and Southern Rodops and Anatolides occurs associated with a K-enriched granodioritic (intrusive to extrusive) igneous activity of Tertiary age, i. e. with a Tertiary, potassic, sialic petrographic province (Fig. 2).

Studies of Pb and Cu contents in igneous rocks of both provinces were performed (about 250 samples were analysed for Pb, Cu and K, about 50 published data for Pb and Cu contents and another 100 published data for only Pb or Cu were used). The analysed rock samples were not collected systematically, so they do not represent the abundance of different kinds of rocks, but anyway they give a regional picture.

In comparison with the mean Pb, resp. Cu contents of analogous igneous rocks an enrichment in Pb and Cu is evident, about 80 % of investigated samples show higher Pb, resp. Cu contents than the average contents of these elements in analogous rocks (Fig. 4). This is probably reflected in the high intensity and extensivity of mineralisation in the Balkan Peninsula and in Asia Minor.

The igneous rocks of Dinarides, the Serbo-Mazedonian Mass and Anatolides are enriched in Pb, but poorer in Cu respectively to the igneous rocks of Balkanides and Pontides. On the other hand the igneous rocks of Balkanides and Pontides are poor in Pb but rich in Cu. In the same metallogenetic and petrologic province going eastwards the Cu and the Pb contents increase, but the rise of Cu contents is faster. Thus the Tertiary igneous rocks of Dinarides, Hellenides(?), the Serbo-Mazedonian Mass, Southern and Eastern Rodops and Anatolides belong to a Pb-geochemical province, and the Cretaceous-Tertiary igneous rocks of Balkanides and Pontides to a Cu-geochemical Province. These two geochemical provinces coincide perfectly with the metallogenetic Lead- and Copper-Provinces established by *W. E. Petrascheck* 20 years ago.

The difference in metallogenetic characteristics, as in petrologic and geochemical properties of igneous rocks from both areas are probably the result of different origin of magma: in the Pb metallogenetic and geochemical province they were produced by melting of a continental crust primarily enriched in Pb and poor in Cu (the Palaeozoic and Jurassic granitic rocks in this area enriched in Pb too). In the Cu metallogenetic and geochemical province the magmas originated by melting of subcrustal material (in roots of a rift system or in a subduction zone) and their mixing with material of the continental crust.

The concentration of Pb contents and Pb/Cu ratios of Tertiary igneous rocks, as well as of Paleozoic and Jurassic granitic rocks in the left parts of the Pb/Cu diagrams (Fig. 4 and 7) indicate that the continental crust which gave these magmas was primary enriched in Pb and very poor in Cu. The line "Pb ppm = $\frac{3}{2}$ Cu ppm — 5 ppm" represents therefore the boundary of the primary Pb contents and of primary Pb/Cu ratios in the continental crust of this area. The increase of Cu, followed by a slighter rise of Pb in the Pb province towards east (in Asia Minor) is probably provoked by contamination of magmas by subcrustal material (strong fracturing in Anatolides and young basaltic activity, as well as the absence of a median mass between Anatolides and Pontides).

Der Bergbau auf der Balkanhalbinsel und in Kleinasien war schon seit der Antike sehr aktiv und ist es bis in unsere Zeit geblieben, deshalb sind lagerstättenkundliche Angaben schon reichlich vorhanden, wodurch man sich über die metallogenetische Provinzen dieser Gebiete ein gutes Bild machen kann. Über die Beziehungen dieser Lagerstättenbildungen zu irgendeinem Magmatismus sind die Angaben viel seltener, und über geochemische Eigenschaften dieser Gebiete, bzw. der Gesteine, die genetisch mit der Lagerstättenbildung verbunden sind, waren sie bis vor 5 Jahren kaum zu finden.

Eine Synthese der jetzt bestehenden Angaben über metallogenetische, petrographische und geochemische Eigenschaften der Balkanhalbinsel und Kleasiens ist in der Serbischen Akademie der Wissenschaften und Künste im Druck (*Karamata*, 1973 — im Druck), hier wird nur eine Zusammenfassung dieser Arbeit, mit einigen Betrachtungen über Beziehungen zwischen einzelnen Provinzen angegeben.

Die metallogenetischen Untersuchungen, die zu einer regionalen Einteilung führten, waren in Jugoslawien von A. Cissarz (1956) und S. Janković (1967), in Bulgarien von J. Jovčev (1965), in der Türkei von A. Gümüs (1970) und für den ganzen balkanisch-anatolischen Bereich schon 1955 von W. E. Petrascheck durchgeführt worden. Nach allen diesen Angaben kann man zwei junge, kretazisch-tertiäre metallogenetische Provinzen unterscheiden: eine Pb-Zn (-Sb-Ag) Provinz in den Dinariden, Helleniden, der serbisch-mazedonischen Masse und Rodopen, wie auch weiter in den Anatoliden, und eine Cu-führende in den Balkaniden (Ost-Serbien und Srednjejorje in Bulgarien) und in den Pontiden. Diese metallogenetischen Provinzen, sowie deren Beziehungen zu den geotektonischen Einheiten sind in Abb. 1 dargestellt.*

In der metallogenetischen Cu-Provinz befinden sich z. B. die Lagerstätten Majdanpek, Bor u. a. in Jugoslawien, der Panadžurište-District mit Medet und die Lagerstätte Rosen bei Burgas in Bulgarien, dann Lahanos und Murgul in Türkei, und in der weiteren Fortsetzung das Zagros Gebiet mit Sar Cheshmeh in Iran, sowie eine große Anzahl kleinerer Cu-Vorkommen. Die Pb-Zn Vererzungen sind dagegen selten und ohne Bedeutung.

In der metallogenetischen Pb-Zn (Sb-Ag) Provinz befinden sich z. B. die Lagerstätten Srebrenica, Rudnik, das Kopaonik-Gebiet mit Trepča, dann Lece, Sase und Zletovo in Jugoslawien, Laurion in Griechenland, das Osogovo und Madan-Gebiet in Bulgarien, weiter Balya Maden, Kaleköy und Bolkadag in Türkei, und eine große Zahl anderer größerer oder kleinerer Vorkommen von

* Es soll bemerkt werden, daß die Grenze der Anatoliden und Pontiden, bzw. der Pb-Zn- und der Cu-Provinz im westlichen Kleinasien von den von A. Gümüs (1970) gemachten Angaben abweicht. Sie wurde wegen besserer Korrelation mit den westlicher gelegenen Gebieten nördlicher gestellt, und entspricht der Südgrenze der Verbreitung der kretazischen vulkanogen-sedimentären Fazies (mit den Cu-Vererzungen), die als charakteristisch für die Balkaniden-Pontiden und für die metallogenetische Cu-Provinz angenommen wird. Die in den meisten der letzten Arbeiten angegebene Grenze, die südlich vom Marmara-Meer liegt, entspricht nach unserer Auffassung jüngeren geotektonischen Vorgängen, die weder für die Cu-Metallogenese, noch für die jüngeren Pb-Zn-Vererzungen eine genetische Bedeutung hatten.

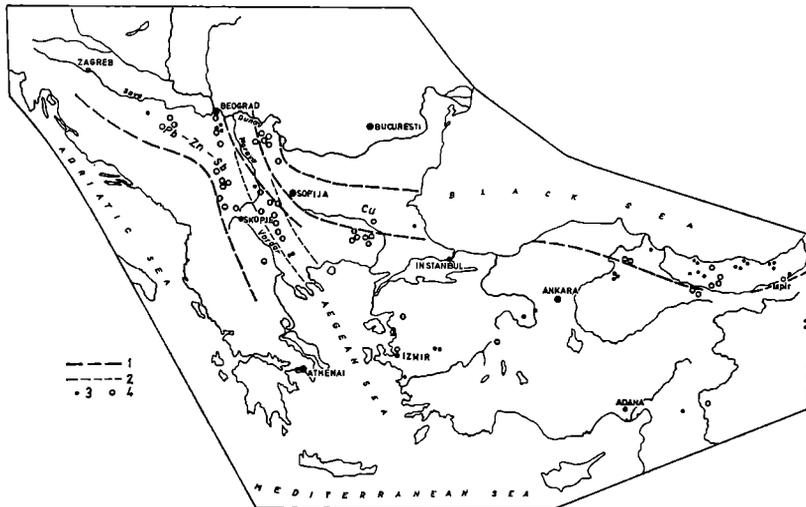


Abb. 1. Metallogenetische, petrographische und geochemische Provinzen kretazischen und tertiären Alters auf der Balkanhalbinsel und in Kleinasien.

Zeichenerklärung: 1 — Grenzen der metallogenetischen Provinzen; 2 — Grenzen der geotektonischen Einheiten; 3 — geochemisch untersuchte Einzelproben; 4 — mehr als 3 geochemisch untersuchte Proben.

Fig. 1. Cretaceous-Tertiary metallogenetic and petrographic provinces and geotectonic units on the Balkan peninsula and in the Asia Minor.

1 — boundary of metallogenetic province; 2 — boundary of geotectonic unit; 3 — investigated sample; 4 — group of more than 3 geochemically investigated samples.

Pb-Zn Erzen. In derselben Provinz sind die Antimonitvererzungen von Zajača, Lisa, Bujanovac, Lojane und Alšar (Jugoslawien), sowie die von Ivrendi, Yeni Gümüş und Turhal (in Türkei) genetisch mit der Pb-Zn Mineralisation verbunden, wenn wir nur die wichtigsten erwähnen. Junge (kretazisch-tertiäre) Kupfer-Vererzungen sind in diesem Gebiet äußerst selten und ohne Bedeutung.

Auf der Balkanhalbinsel und in Kleinasien sind also zwei junge metallogenetische Provinzen klar zu unterscheiden: eine kretazisch-tertiäre Kupfer-führende Provinz der Balkaniden und der Pontiden, und eine Pb-Zn (Sb-Ag)-führende tertiäre metallogenetische Provinz der Dinariden, Helleniden, der serbisch-mazedonischen Masse, der Rodopen und der Anatoliden.

Zusammenfassende Überblicke der kretazisch-tertiären magmatischen Tätigkeit aus diesem Gebiet wurden bisher von S. Karamata (1962) für die Gesteine der Dinariden und der serbisch-mazedonischen Masse, von R. Ivanov (1966) für die Gesteine der Rodopen, und von Karamata & al. (1967) für die Gesteine der Balkaniden Jugoslawiens gefaßt.

Die Pb-Zn (Sb-Ag)-Mineralisation in den oben erwähnten Gebieten ist genetisch mit einem intrusiven bis extrusiven Magmatismus tertiären Alters verbunden. Dieser Magmatismus ist granodioritisch-quarzmonzonitisch in Intrusivfazies, und andesitisch-dazitisch-quarzlatitisch in der Extrusivfazies. Nach Osten (in der Türkei) folgt ihm ein starker trachybasaltischer bis basaltischer Vulkanismus. Mit Ausnahme dieses basaltischen Vulkanismus ist der Charakter dieser magmatischen Tätigkeit kalibetont (Abb. 2) und zu den späteren Produkten hin immer K-reicher. So ein Magmatismus kann seinem Charakter nach der Aufschmelzung der tiefen Teile der kontinentalen (sialischen) Kruste entstammen.

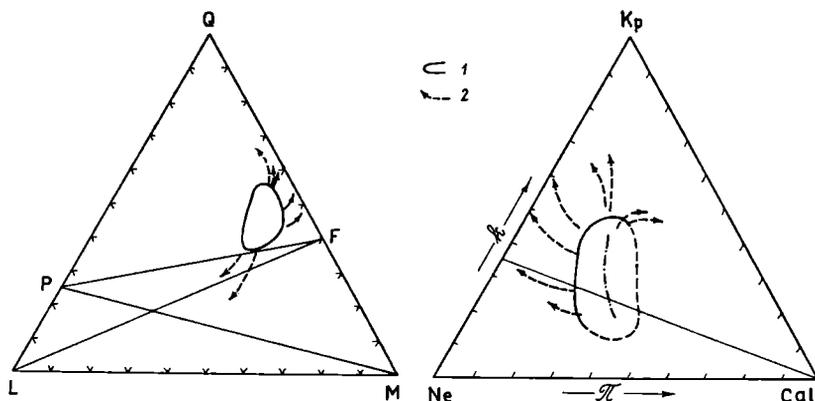


Abb. 2. Petrochemischer Charakter der tertiären Eruptivgesteine der Dinariden und der serbisch-mazedonischen Masse dargestellt in den QLM- und κ -Diagrammen nach Niggli. 1 — Bereich der maximalen Konzentration der Daten; 2 — Differentiationstendenzen.

Fig. 2. QLM- and κ -diagrams (after Niggli) illustrating the petrochemical characteristics of Tertiary igneous rocks of Dinarides and of the Serbo-Mazedonian massif. 1 — main field; 2 — differentiation tendency.

Die Cu-Metallogenese ist genetisch gebunden an einen andesitischen (I. Phase) bis andesitisch-basaltischen (II. Phase) Vulkanismus, der sich später in einen trachy-andesitisch-latitischen (III. Phase) bzw. granodioritisch-monzonitischen Magmatismus entwickelt. Der chemische Charakter dieses Magmatismus ist in der Abb. 3 dargestellt. Dieser Magmatismus entspricht den Schmelzen, die durch Aufschmelzung von subkrustalem Material und deren Vermischung mit Krustenmaterial entstanden sind. Diese magmatische Tätigkeit begann in der Oberen Kreide und setzte sich bis ins Paläogen (in den Pontiden dauert sie auch länger) fort.

Es ist also vollkommen berechtigt von zwei jungen petrologischen Provinzen zu sprechen: einer K-betonten, sialischen, tertiären magmatischen Provinz der Dinariden, Helleniden, der serbisch-mazedonischen Masse, der Rodopen und der Ana-

toliden, die genetisch mit der Pb-Zn (-Sb-Ag)-Mineralisation dieser Gebiete verbunden ist, und demgegenüber einer kalkalkalischen bis, später, K-betonen, hybriden, kretazisch-teritären petrologischen Provinz der Balkaniden (Timok-Eruptivkomplex und Srednjejorje) und der Pontiden, die genetisch mit der Cu-Mineralisation verbunden ist.

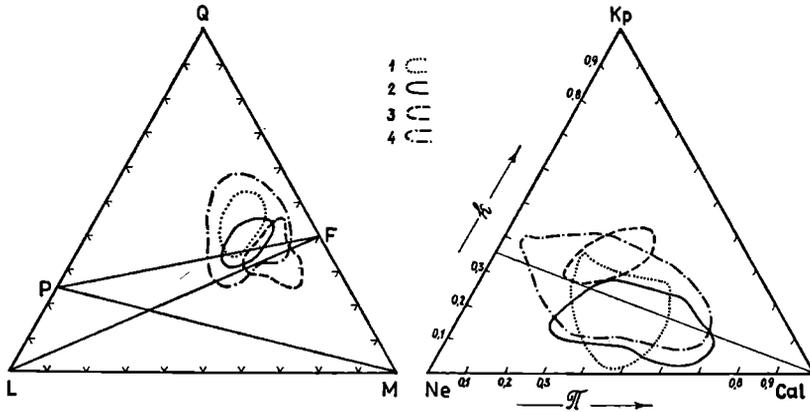


Abb. 3. Petrochemischer Charakter der kretazisch-teritären Eruptivgesteine des Timok-Eruptivkomplexes in Ostserbien dargestellt in den QLM- und $\kappa\pi$ -Diagrammen nach Niggli (nach Karamata u. a., 1967).

1 — Feld der Ergußgesteine der I. Phase; 2 — Feld der Ergußgesteine der II. Phase; 3 — Feld der Ergußgesteine der III. Phase; 4 — Feld der Intrusivgesteine.

Fig. 3. QLM- and $\kappa\pi$ -diagrams (after Niggli) illustrating the petrochemical characteristics of Cretaceous-Tertiary igneous rocks of the Timok eruptive area (from Karamata a. coauthors, 1967).

1 — volcanics of the I phase; 2 — volcanics of the II phase; 3 — volcanics of the III phase; 4 — intrusive rocks.

Ein besonderes Verhalten haben die jungen Effusivgesteine der westlichen Teile der Balkaniden in Jugoslawien (die Ridan-Krepoljin Zone) und der östlichen Rodopen in Bulgarien gezeigt: die ersteren sind den Gesteinen der Dinariden ähnlich, während die zweiten den Gesteinen des Srednjejorje nahe kommen.

Geochemische Untersuchungen der Eruptivgesteine der Balkanhalbinsel und Kleinasiens begannen erst vor einigen Jahren, etwa zur selben Zeit in Bulgarien und Jugoslawien und erst vor 2—3 Jahren in der Türkei. Diese Arbeiten waren jedoch auf engere Gebiete, oder Gesteinsgruppen bezogen. Die erste regionale Synthese wurde für die Dinariden 1967 (*Cuturic & Karamata*) ausgearbeitet, und eine umfassende ist im Druck (*Karamata*).

Da Kupfer und Blei charakteristische Elemente für die Metallogenese in diesem Gebiet sind, wurde besondere Aufmerksamkeit auf dieselben gerichtet. Heutzutage

tage verfügen wir mit ca. 250 Gesteinsanalysen auf Pb, Cu und K, mit ca. 50 Analysen der Gesteine auf Pb und Cu, und mit ca. 100 auf nur Pb oder nur Cu über Bestimmungen in Gesteinen, die eine Zusammenfassung schon erlauben.

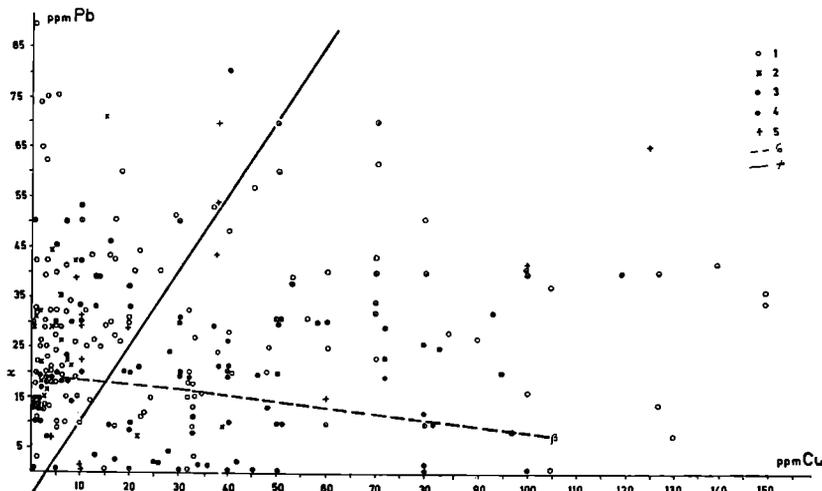


Abb. 4. Blei- und Kupfergehalte in oberkretazischen und tertiären Eruptivgesteinen Jugoslawiens, Bulgariens und der Türkei.

1 — Ergußgesteine der Dinariden und Anatoliden; 2 — Intrusivgesteine der Dinariden und Anatoliden; 3 — Ergußgesteine der Ridan-Krepoljin-Zone (Ostserbien), der östlichen Rodopen und der Übergangszone zwischen den Anatoliden und Pontiden; 4 — Ergußgesteine des Timok-Eruptivkomplexes, des Srednjejorje in Bulgarien und der Pontiden; 5 — Intrusivgesteine des Timok-Eruptivkomplexes, des Srednjejorje und der Pontiden; 6 — Linie der mittleren Pb/Cu-Verhältnisse in Eruptivgesteinen (für Granite nach *Turekian & Wedepohl* 1961, für Diorite und Basalte nach *Vinogradov* 1962); 7 — die „Grenze der primären Pb-Gehalte und der primären Pb/Cu-Verhältnisse“.

Fig. 4. Pb/Cu diagram for the Upper Cretaceous and Tertiary igneous rocks of Yugoslavia, Bulgaria and Turkey.

1 — volcanics of Dinarides and Anatolides; 2 — intrusives of Dinarides and Anatolides; 3 — volcanics of the Ridan-Krepoljin zone in Eastern Serbia, of Eastern Rodops in Bulgaria and of the bordering zone of Anatolides and Pontides in Turkey; 4 — volcanics of the Timok eruptive area, of Srednjejorje in Bulgaria and of Pontides; 5 — intrusives of the Timok eruptive area, of Srednjejorje and of Pontides; 6 — the Pb/Cu ratio in igneous rocks on the basis of average Pb and Cu contents in granites (after *Turekian & Wedepohl* 1961), diorites and basalts (after *Vinogradov* 1962); 7 — the "boundary line of primary Pb content and primary Pb/Cu ratio".

In der Abb. 4 sind alle bestimmte Pb- und Cu-Gehalte der Gesteine auf einem Diagramm angegeben um diese Gehalte mit den mittleren Gehalten derselben Elemente in Eruptivgesteinen der Erdkruste (nach *Turekian & Wedepohl*, 1961, und nach *Vinogradov*, 1962) zu vergleichen. Es ist leicht ersichtlich, daß mehr als 80 % aller Proben der Dinariden, der serbisch-mazedonischen Masse und der Anatoliden im Vergleich mit den mittleren Gehalten des Pb und Cu in Eruptivgesteinen der Erdkruste erhöhte Pb-Gehalte und meistens niedrigere Cu-Gehalte aufweisen. Die Gesteine des Timok-Eruptivkomplexes und der Pontiden sind dagegen etwas ärmer an Blei aber reicher an Kupfer.

Die Gesteine des untersuchten Gebietes sind also in einer Zone an Blei, in einer anderen an Kupfer angereichert, womit man auch die reiche Erzführung wahrscheinlich erklären kann.

Das zweite wichtige Ergebnis ist die starke Konzentrierung der Angaben, besonders für die Gesteine der Dinariden, im linken Teil des Diagramms. Dieses Gebiet ist mit der Linie

$$\text{Pb} = \frac{3}{2} \text{Cu} - 5 \text{ (in ppm)}$$

begrenzt. Diese Linie haben wir „die Grenze der primären Pb-Gehalte und der primären Pb/Cu-Verhältnisse“ genannt und ihre Bedeutung werden wir später berücksichtigen.

Die Pb-, Cu- und K-Gehalte der Eruptivgesteine wurden in die K/Pb-, K/Cu- und Pb/Cu-Diagramme eingetragen und danach wurden in den Diagrammen die Gebiete mit maximaler Konzentration der Daten für einzelne geotektonische Einheiten ausgeschieden (Abb. 5, 6 und 7). Aus diesen Diagrammen kann man über geochemische Eigenschaften der kretazisch-tertiären Gesteine dieses Gebietes folgendes schließen:

- die Gesteine der Dinariden sind in Bezug zu den mittleren Pb- und Cu-Gehalten der Eruptivgesteine (nach *Turekian & Wedepohl* 1961 und nach *Vinogradov* 1962) an Blei angereichert, an Kupfer aber sehr arm.
- Die Gesteine der Dinariden sind an Pb reicher als die Gesteine des Timok-Eruptivkomplexes, und die Gesteine der Anatoliden sind Pb-reicher als die Gesteine der Pontiden. Dagegen sind die Gesteine des Timok-Eruptivkomplexes und der Pontiden reicher an Cu als die Gesteine der Dinariden bzw. der Anatoliden.

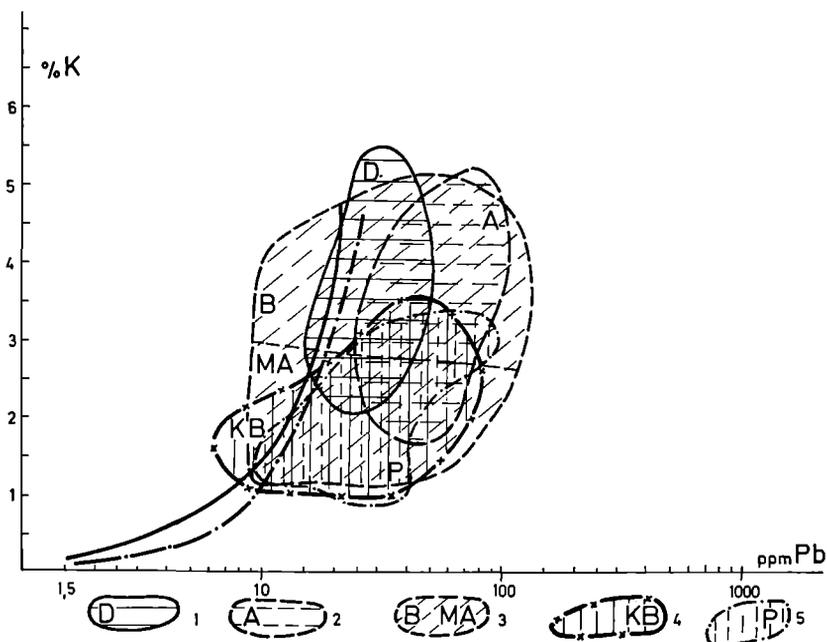


Abb. 5. Bereiche der maximalen Konzentration der Angaben im K/Pb-Diagramm für die oberkretazischen und tertiären Eruptivgesteine der Dinariden (1), der Anatoliden (2), Bulgariens (3, B — der Borovica Serie, MA — der Momčilgrad-Ardino Serie vulkanischer Gesteine), des Timok-Eruptivkomplexes, bzw. der Karpatho-Balkaniden Ostserbiens (4) und der Pontiden (5). Die volle dicke Linie gibt das K/Pb-Verhältnis nach den Angaben der mittleren Pb- und K-Gehalte in den Hauptvertretern der Eruptivgesteine von *Turekian & Wedepohl* (1961), die dicke strichpunktigte Linie zeigt dasselbe Verhältnis nach den Angaben von *Vinogradov* (1962).

Fig. 5. Areas with maximal concentration of data in K/Pb diagram for Upper Cretaceous and Tertiary igneous rocks of Dinarides (1), Anatolides (2), Bulgaria (3, B — Borovica volcanic series, MA — Momčilgrad-Ardino volcanic series), Timok eruptive area, i.e. Carpatho-Balkanides of Eastern Serbia (4) and of Pontides (5). Full line defines the K/Pb ratio based on average K and Pb contents in main types of igneous rocks after *Turekian & Wedepohl* (1961), dashed line with dots define the same ratio after data given by *Vinogradov* (1962).

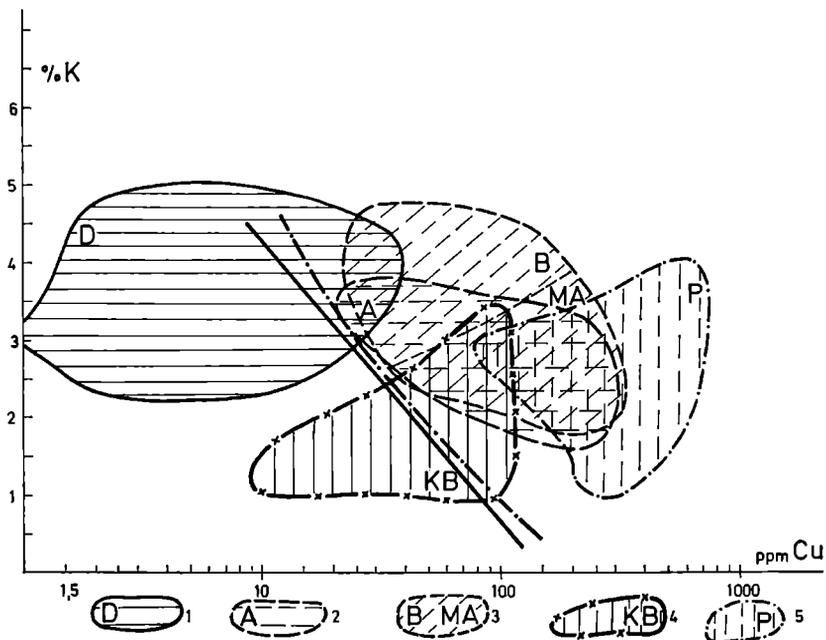


Abb. 6. Bereiche der maximalen Konzentration der Angaben im K/Cu-Diagramm für die oberkretazischen und tertiären Eruptivgesteine der Dinariden (1), der Anatoliden (2), Bulgariens (3, B — der Borovica Serie, MA — der Momčilgrad-Ardino Serie vulkanischer Gesteine), des Timok-Eruptivkomplexes, bzw. der Karpatho-Balkaniden Ostserbiens (4) und der Pontiden (5). Volle und strichpunktierte Linien zusammengestellt für K- und Cu-Gehalte analog wie in Abb. 5.

Fig. 6. Areas with maximal concentration of data in K/Cu diagram for Upper Cretaceous and Tertiary igneous rocks of Dinarides (1), Anatolides (2), Bulgaria (3, B — Borovica volcanic series, MA — Momčilgrad-Ardino volcanic series), Timok eruptive area, i. e. Carpatho-Balkanides of Eastern Serbia (4) and of Pontides (5). Full line define the K/Cu ratio based on average K and Cu contents in main types of igneous rocks after *Turekian & Wedepohl* (1961), dashed line with dots define the same ratio after data given by *Vinogradov* (1962).

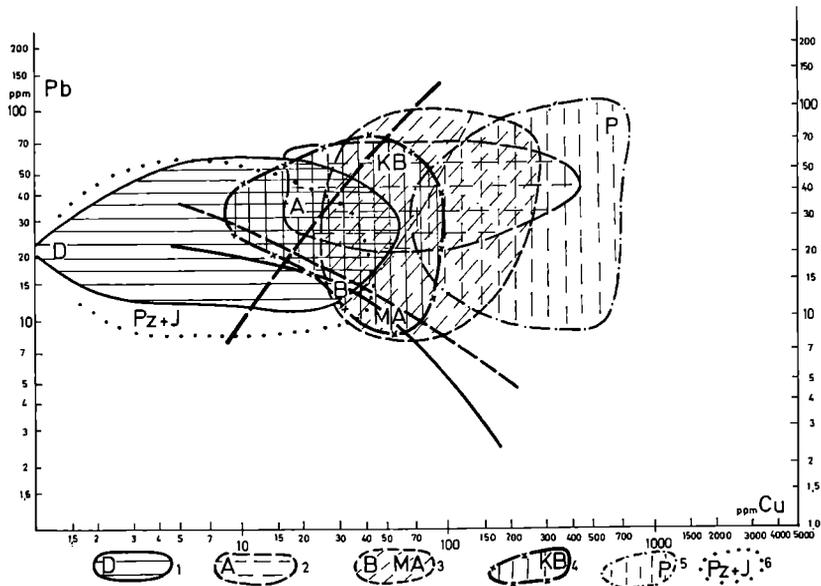


Abb. 7. Bereiche der maximalen Konzentration der Angaben im Pb/Cu-Diagramm für die oberkretazischen und tertiären Eruptivgesteine der Dinariden (1), der Anatoliden (2), Bulgariens (3; B — der Borovica Serie, MA — der Momčilgrad-Ardino Serie vulkanischer Gesteine), des Timok-Eruptivkomplexes, bzw. der Karpatho-Balkaniden Ostserbiens (4) und der Pontiden (5). Eingezeichnet ist auch der Bereich, in dem sich die Angaben über die Pb- und Cu-Gehalte in den paläozoischen und jurassischen Graniten der Dinariden befinden (6). Die volle dicke Linie gibt das Pb/Cu-Verhältnis nach den Angaben der mittleren Pb- und Cu-Gehalte in den Hauptvertretern der Eruptivgesteine von *Turekian & Wedepohl* (1961) an, die dicke strichpunktierte Linie zeigt dasselbe Verhältnis nach den Angaben von *Vinogradov* (1962). Die dicke gestrichelte Linie stellt die „Grenze der primären Pb-Gehalte und der primären Pb/Cu-Verhältnisse“ dar.

Fig. 7. Areas with maximal concentration of data in Pb/Cu diagram for Upper Cretaceous and Tertiary igneous rocks of Dinarides (1), Anatolides (2), Bulgaria (3; B — Borovica volcanic series, MA — Momčilgrad-Ardino volcanic series), Timok eruptive area, i. e. Carpatho-Balkanides of Eastern Serbia (4) and of Pontides (5). Area of Pb/Cu ratios of Paleozoic and Jurassic granites of Dinarides is indicated (6). Full line defines the Pb/Cu ratio based on average Pb and Cu contents in main types of igneous rocks after *Turekian & Wedepohl* (1961), the dashed line with dots defines the same ratio after data given by *Vinogradov* (1962). The dashed, diagonal line is the "boundary line of primary Pb content and of primary Pb/Cu ratio".

Man kann also sprechen von einer geochemischen Pb-Provinz der Dinariden, der serbisch-mazedonischen Masse, der Helleniden (keine Angaben) und der Anatoliden, die sich durch erhöhte Blei- und niedrigere Kupfer-Gehalte auszeichnen, und von einer geochemischen Cu-Provinz der Balkaniden (Timok-Eruptivkomplex und Srednjejorje) und der Pontiden, die sich durch Anreicherung an Kupfer und etwas niedrigere Blei-Gehalte kennzeichnet. Nach Osten werden die Gesteine derselben Provinzen langsam an Blei und rasch an Cu angereichert aber die genannten Provinzen kann man leicht eine von der anderen unterscheiden.

Auf der Balkanhalbinsel und in Kleinasien entspricht also die geochemische Pb-Provinz vollkommen der sialischen, K-betonten, tertiären magmatischen Provinz und der metallogenetischen Pb-Zn (Sb-Ag) Provinz, und die geochemische Cu-Provinz der kalkalkalischen bis K-betonten, hybriden, kretazisch-tertiären magmatischen Provinz und der metallogenetischen Cu-Provinz.

Die Gesteine der Dinariden (Abb. 7) befinden sich meistens links von der „Grenze der primären Pb-Gehalte und der primären Pb/Cu-Verhältnisse“, die Gesteine des Timok-Eruptivkomplexes und der Anatoliden größtenteils rechts von derselben Linie, und die Gesteine der Pontiden sind weit rechts. Die Gesteine der Rodopen haben eine mittlere Lage. Es ist wichtig, daß die paläozoischen und jurassischen Granite der Dinariden im selben Gebiet des Pb/Cu-Diagramms wie die jungen Eruptivgesteine der Dinariden und der serbisch-mazedonischen Masse liegen.

Die letzten Ergebnisse kann man leicht erklären wenn man annimmt, daß alle diese Gesteine der Dinariden der Aufschmelzung einer selben kontinentalen Kruste entstammen. Wir können dann auch die Pb-Gehalte dieser Gesteine und das Pb/Cu-Verhältnis in ihnen, nachdem sie vom Paläozokium bis Quartär unverändert blieben, als ein Maß des primären Pb-Gehaltes und des primären Pb/Cu-Verhältnisses annehmen. Die vorher erwähnte Linie stellt die Grenze des Bereiches dieser primären Pb-Gehalte und der primären Pb/Cu-Verhältnisse in der kontinentalen Kruste dieses Gebietes dar. Nach Osten, in den Anatoliden, wo die kontinentale Kruste im Tertiär stark zerstückelt und mit dem Material des Oberen Mantels durchtränkt wurde, kam es zu einer Cu-Anreicherung.

Die Gesteine des Timok-Eruptivkomplexes, die subkrustalen Magmen entsprechen (Rift-System nach *Andric & al.*, 1972, oder subkrustale Aufschmelzung in einer „subduction zone“?), waren schon primär Cu-reich, aber gegen Osten, in den Pontiden, wo starke Ozeanisierung noch in jüngster Zeit vorging und wo der Einfluß des Materials des Oberen Mantels besonders stark war, wurde Kupfer noch angereichert.

Es bleibt offen die Frage der Pb-Anreicherung in den mehr östlich gelegenen Gebieten. Es ist möglich, daß diese, wenn auch schwache Pb-Anreicherung, auch mit der Neuzufuhr des Materials aus dem Oberen Mantel verbunden ist.

Blei ist also ein Element der kontinentalen Kruste, das durch geologische Prozesse (Magmenbildung, Erstarrung der Magmen, Remobilisierung usw.) umgelagert wird und lokal konzentriert sein kann. Es ist besonders in seiner Migration

an sialische Magmen gebunden und, wahrscheinlich, nur unwesentlich aus dem Oberen Mantel zugeführt worden. Kupfer dagegen ist ein Element des Oberen Mantels oder der ozeanischen Kruste, das bei geotektonischen Vorgängen in kleineren oder stärkeren Massen in die kontinentale Kruste eingeführt sein kann. Kupfer ist also an subkrustale Magmen gebunden und ist in Gebieten mit solchen, schwach bis stärker hybridisierten Magmen angereichert. In die kontinentale Kruste wurde es eingeführt nur wo sie stark zerstückelt und mit dem Material des Oberen Mantels durchtränkt war.

Literaturhinweise

- Agiorgitis, G.* (1967): Zur Geochemie einiger seltener Elemente in basaltischen Gesteinen. — Tschermaks Min. Petr. Mitteilungen, *B. XII*, H. 2—3, 204—229, Wien.
- Aleksić, V., Pantić, N. & Kalenić, M.* (1971): Razmatranje nekih tektonskih procesa u Srbiji u vezi sa tektonikom ploča ili novom globalnom tektonikom. — Glasnik Prirodnačkog muzeja, *A*, 26, 83—102, Beograd.
- Andrić, B., Antonijević, I., Grubić, A., Dragašević, T., Djordjević, M. & Terzić, M.* (1972): Analiza gradje timočkog rovsinklinorijuma u svetlosti novih geoloških i geofizičkih podataka. — III savetovanje o bakru RTB, Bor.
- Arnandova, R., Arnaudov, B. & Pavlova, M.* (1971): Razpredelenie na olovoto, barija i stroncija v kalievite feldšpati ot Osogovskite tercierni magmatiti. — Izvestija na geol. institut BAN, Ser. geol. min. i petr., 20, 5—20, Sofija.
- Arsenijević, M. & Pešić, D.* (1964/65): Rare and dispersed elements in the Suvi Dol granitoid complex (Stara Planina Mountain). — Vesnik Zavoda za geol. i geof. istra. *A*, *XXII/XXIII*, 77—115, Beograd.
- Cissarz, A.* (1956): Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien. — Rasprave Zavoda za geol. i geof. istra. NRS, *VI*, Beograd.
- Čuturić, N. & Karamata, S.* (1967): Die Bleigehalte in tertiären magmatischen Gesteinen Jugoslawiens. — Geologický sborník — Geologica Carpathica, *VIII/1*, 27—38, Bratislava.
- Čuturić, N., Kafol, N. & Karamata, S.* (1968): Lead contents in K-feldspars of young igneous rocks of the Dinarides and neighbouring areas. — Origin and distribution of elements, 739—747, Oxford-New York.
- Deleon, G.* (1958): Trace elements content of granites from Serbia and Macedonia and some geochemical implications. — Vesnik Zavoda za geol. i geof. istraživanja NRS. *XVI*, 167—194, Beograd.
- Dimitrijević, M. D. & Dimitrijević, M. N.* (im Druck): Olistostrome melange in the Yugoslavian Dinarides and late Mesozoic plate tectonics. — The Journal of Geology, Chicago.
- Gümüş, A.* (1970): Türkiye metalojenisi. — Maden tetkik ve arama Enstitüsü yayınlardan, Ankara.
- Ivanov, R.* (1966): The Rhodope Cenozoic petrographic province. — Referati VI. savetovanja geologa SFRJ, *II*, 94—114, Ohrid.
- Ivanov, R. & Stojanova, Cv.* (1966): Razsejani elementi v iztočnorodopskite vulkanski serii. — Trudove vrhu geologijata na Blgarija, Ser. geoh. min. i petr. BAN, *VI*, 83—102, Sofija.
- Janković, S.* (1967): Metalogenetske epohe i rudosna područja u Jugoslaviji. — Rud. geol. fakultet i Rud. Institut, Beograd-Zemun.
- Jovčev, J.* (1965): Osnovi geologii i poleznie iskopaemie teritorii N. R. Bolgarii. — VII Kongres Karp. balk. geol. asoc., Sofija.
- Karamata, S.* (1962): Der tertiäre Magmatismus in den Dinariden Jugoslawiens. Seine Phasen und die wichtigsten petrochemischen Charakteristiken. — Referati V. Savetovanja geologa FNRJ, *II*, 137—148, Beograd.

- Karamata, S., Knežević, V., Antonijević, I., Djordjević, M., Mičić, I., Divljan, M. & Drovenik, M.* (1967): Les roches magmatiques crétacées-tertiaires des Carpato-Balkanides Yougoslaves. — *Acta Geol. A. S. Hung.*, XI/1—3, 115—138, Budapest.
- Karamata, S.* (1969): Lead in sanidines from quartz-lalites from the Zvečan ares, Yugoslavia. — *Vesnik Zavoda za geol. i geof. istraživanja, A*, XXVII, 267—276, Beograd.
- Karamata, S.* (1973): Petrologic, geochemical and metallogenetic provinces of Cretaceous and Tertiary age in Yugoslavia and neighbouring areas. — *Colloque E. Raguin*, Paris.
- Karamata, S.* (im Druck): Geochemical, petrologic and metallogenetic provinces on the Balkan Peninsula and in Asia Minor. — *Posebna izdanja SANU*, Beograd.
- Kolčeva, K.* (1969/70): Vrh petrohimijska na černoziemsko-nazdelskia pluton. — *Godišnik na Sof. Universitet, Geol.-geogr. fak.* 62/1, *Geologija* 235—257, Sofia.
- Köksoy, M.* (1967): Dispersion of mercury and other ore elements from mineral deposits in Turkey. — *Thesis. Dept. of geology, Imperial College of science and technology, London.*
- Maksimović, Z. & Terzić, M.* (1965): Geohemija vulkanskih stena Rudničkih planina. — *Referati I Simpozijuma iz geohemije, SGD*, 221—242, Beograd.
- Petraschek, W. E.* (1955): Großtektonik und Erzverteilung im mediterranen Kettensystem. — *Sitz. Ber. österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl.* 164, Wien.
- Petraschek, W. E.* (1969): Ore metals from the crust or mantle. — *Economic geology*, 64/5, 576—578.
- Ronov, A. B. & Yaroshevsky, A. A.* (1969): Chemical composition of the Earth's Crust. — *The Earth's Crust and Upper Mantle, Geophysical Monograph*, 13, 37—57, Washington.
- Turekian, K. K. & Wedepohl, K. H.* (1961): Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. — *Bull. geol. soc. America*, 72, 175—191.
- Vakhrushev, V. A.* (1971): Ore (sulphide) separations in rocks of the upper mantle and some problems of endogenic oreforming. — *Intern. Geochemical Congress, Abstracts of Reports, I*, 96—97, Moscow.
- Vinogradov, A. P.* (1962): Srednie sodržanija himičeskikh elementov v glavnihi tipah izverženih gornih porod Zemnoj kori. — *Geohimija*, 7, 555—571.
- Wedepohl, K. H.* (1956): Untersuchungen zur Geochemie des Bleis. — *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 10, 69—148.
- Wedepohl, K. H.* (1962): Beiträge zur Geochemie des Kupfers. — *Geologische Rundschau*, 52, 492—504, Stuttgart.
- Wedepohl, K. H.* (1967): Geochemie. — *Sammlung Göschel, B. 1224*, Berlin.
- Willie, P. J.* (1971): The dynamic Earth: Textbook in geosciences. — *John Wiley & Sons, Inc., New York.*