

## Magnesite-bearing fracture zones of the Zlatibor ultrabasic massif (Serbia) as a discrete structural–morphological type of magnesite deposits in ultrabasites

MILOJE ILIĆ<sup>1</sup>, ZORAN PAVLOVIĆ<sup>2</sup> & ZORAN MILADINOVIĆ<sup>3</sup>

**Abstract:** In this paper, a discrete structural–morphological type of magnesite deposits in ultrabasites, i.e., in magnesite-bearing fracture zones, is presented. The most prominent occurrences of such zones in Serbia are in the Zlatibor ultrabasic massif and they are economically very significant because they contain large reserves of high-quality magnesite, as well as of the accompanying sepiolite.

**Key words:** Magnesite-bearing fracture zones, structural–morphological type, magnesite, deposits, Zlatibor ultrabasites, Serbia.

**Апстракт:** У раду су приказане магнезитоносне разломне зоне које представљају посебан структурно-морфолошки тип магнезитских лежишта у ултрабазитима. Ове зоне најбоље су изражене у златиборском ултрабазитском масиву и економски су врло значајне јер садрже велике резерве квалитетног магнезита, као и пратећег сепиолита.

**Кључне речи:** магнезитоносне разломне зоне, структурно-морфолошки тип, магнезит, лежишта, златиборски ултрабазити, Србија.

### Introduction

A discrete structural–morphological type of vein magnesite deposits, magnesite-bearing fracture zones, which has not hitherto been recognized, is presented in this paper. It should be added to the already known types: magnesite veins – single or systems; brecciated veins, both lenticular and irregular magnesite bodies, and magnesite stockwork (ILIĆ 1969a; ILIĆ & RUBEŽANIN 1978; POPEVIĆ *et al.* 1996). These zones occur at numerous locations in Serbia, the most prominent ones being in the Zlatibor ultrabasic massif (Fig. 1) (ILIĆ *et al.* 2005). Thus, they will be the topic of further consideration.

### Magnesite-bearing fracture zones

Magnesite-bearing fracture zones are complex disjunctive deformations in ultrabasites (ILIĆ 1969b; KARAMATA & POPEVIĆ 1996), having hectometre to

kilometre length, mineralized by magnesite (and often by accompanying sepiolite; Figs. 1 and 2). Although, considered partially, they contain all the above-mentioned known structural–morphological types of magnesite deposits (and constitutive orebodies) in ultrabasites, they can be recognized, integrally considered, as a discrete complex structural–morphological type, based on their particular structural, morphological, mineragenetic and economic–geological features.

So far, seven magnesite-bearing fracture zones have been discovered in the Zlatibor ultrabasic massif: four in the Ribnica–Donja Jablanica ore field (Čavlovac, Masnica II, Masnica III and Rasevac), one in the Stublo ore field (Marin Izvor), one in the Slovići ore field (Slovići), and one in the Gola Brda ore field (Rasadnik) (Fig. 1). Their general strike is W–E (up to WNW–ESE) and dip towards S (up to SSW) at 20–50°.

The length of these zones ranges from several hundred metres to about two kilometres; their width ranges from several metres to several dozen metres (Figs.

<sup>1</sup> 27. Marta 27, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: milojeilic@yahoo.com

<sup>2</sup> Geosfera d.o.o., Kosmajaska 47a, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: geosfera.bg@gmail.com

<sup>3</sup> Department of Economic Geology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Đušina 7, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: zoran.mi@gmail.com.

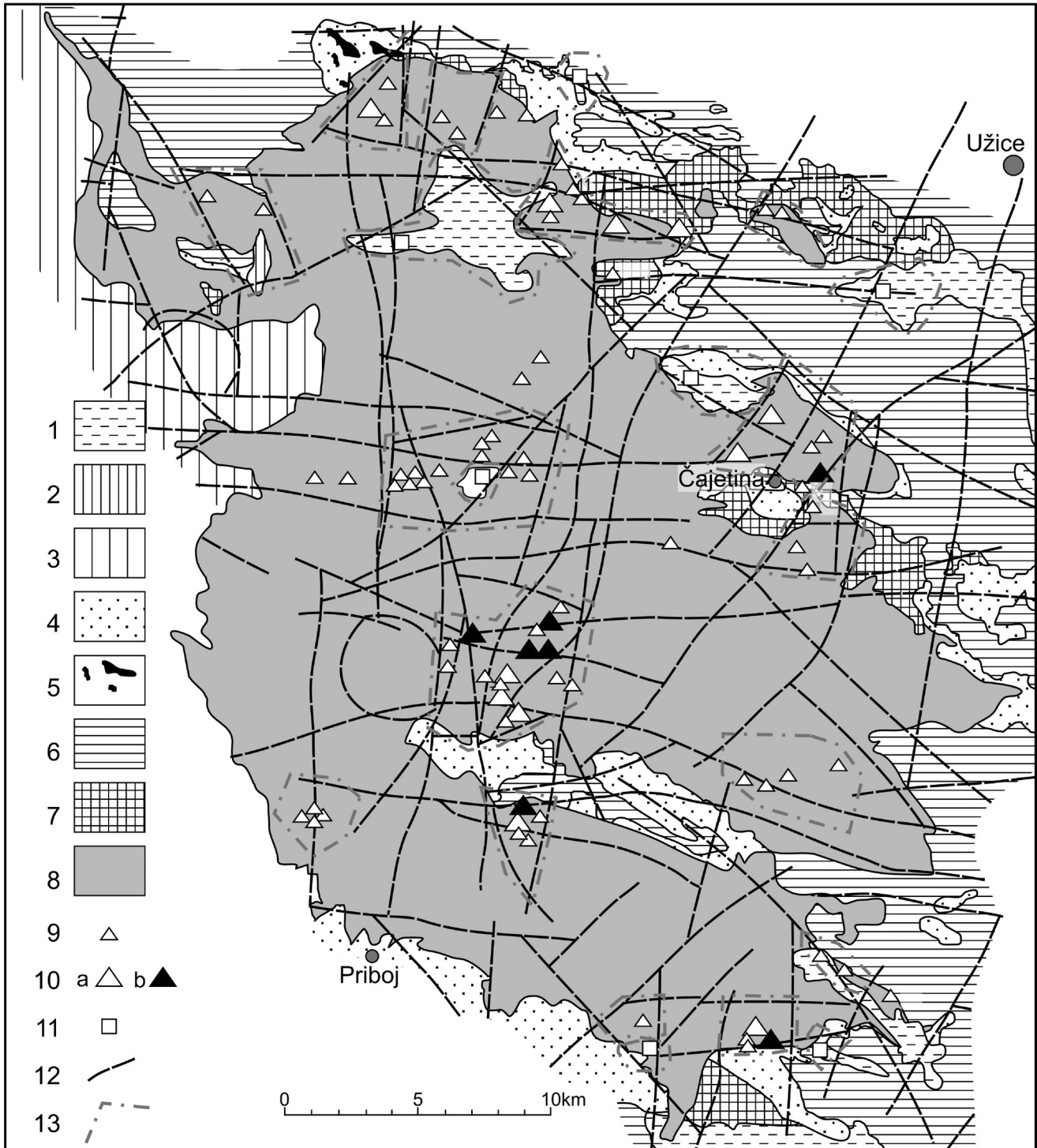


Fig. 1. A synoptic geological map of the Zlatibor ultrabasic massif and the neighbouring formations with the patterning of the distribution of the magnesite deposits. **1**, The freshwater Neogene (Miocene); **2**, limestone of Santonian–Maastrichtian age; **3**, the Upper Cretaceous undivided; **4**, volcanic–sedimentary formation of Jurassic age ("Diabase-chert formation"); **5**, bigger masses of Jurassic basic magmatic rocks (diabase, spilite, dolerite and melaphyre); **6**, the Middle and Upper Triassic undivided (limestone and dolomite); **7**, amphibolite; **8**, ultramafic rocks; **9**, occurrences of vein magnesite; **10**, deposits of vein magnesite (a) and magnesite-bearing fracture zones (b); **11**, deposits of sedimentary magnesite; **12**, regional ruptures; **13**, boundaries of ore (magnesite) fields.

2a and b), while the extension to depth along the dip ranges from 100 m to 300 m (Fig. 3). They pinch out gradually along the strike and dip, but there are also

transitions into magnesite veins. They usually have clear salbands (on the footwall and/or hanging wall) towards the neighbouring ultrabasites, while, in their

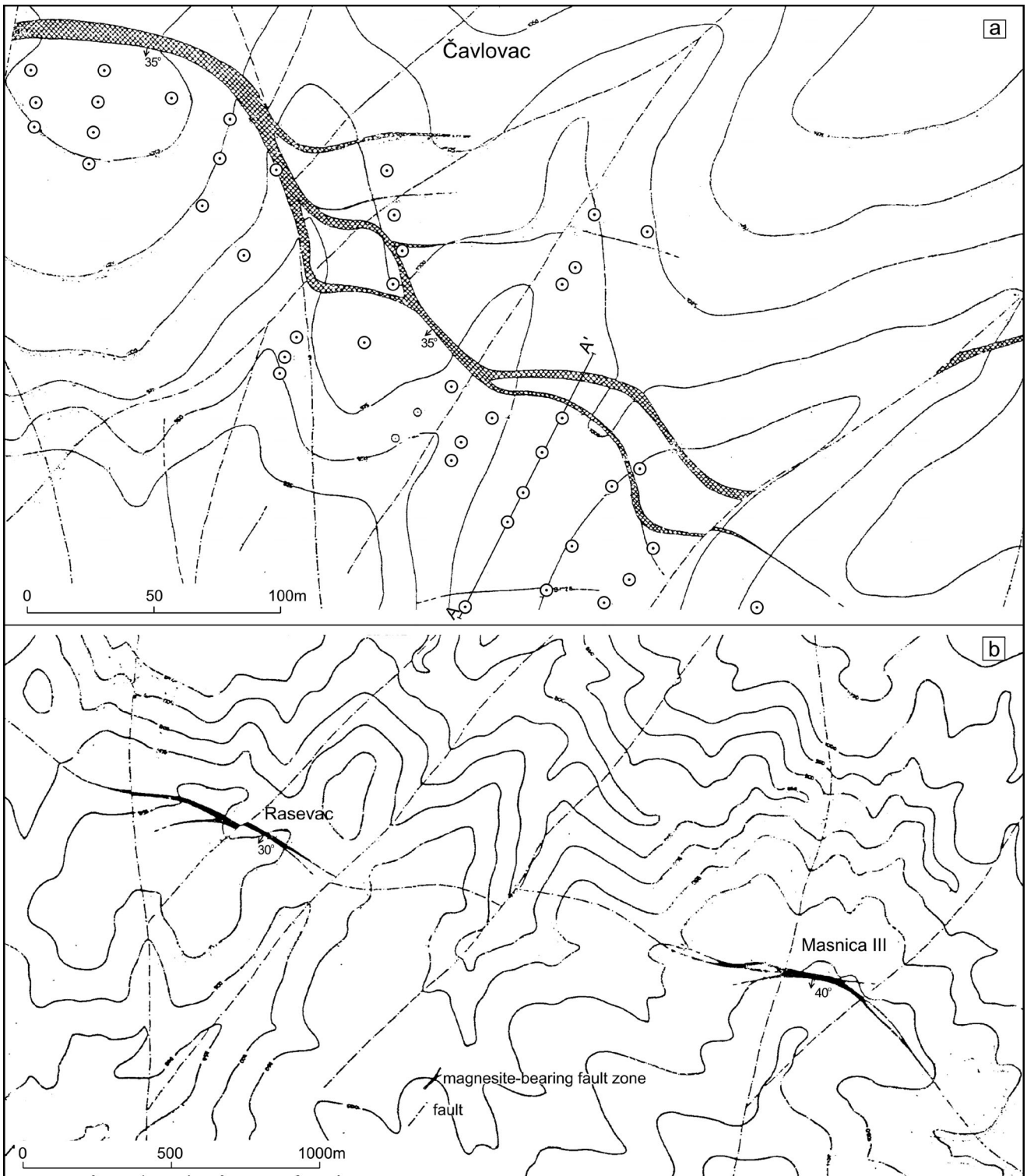


Fig. 2. Sketch showing magnesite-bearing fracture zones of Čavlovac (a) and Masnica III and Rasevac (b).

interior, ultrabasites are intensively cataclased, serpentized, nontronized and limonitized (Figs. 3 and 4). The magnesite in them most often occurs in the form of parallel or sub-parallel veins (simple or complex ones – with apophyses, locally brecciated), of the same orientation as the whole zone, of lenticular and irregular bodies, and stockwork. The degree of miner-

alization of these zones by magnesite substance ranges from 30 to 40 %. In addition to magnesite, sepiolite also occurs in these zones in the form of veins in magnesite or discrete veins, and as cement in magnesite breccias (Figs. 3 and 4).

Magnesite either follows the whole dislocation or occurs only in some of its parts. The former is the

Čavlovac magnesite-bearing fracture zone (Fig. 2a), and the latter is the Donja Jablanica–Bakića Kolibe dislocation, in which magnesite accumulation occurs in its two parts (which are treated as separate magnesite-bearing fracture zones): Masnica III and Rasevac (Fig. 2b). Partial accumulation of magnesite within some dislocations can be explained by specific features of pre-mineralization and mineralization tectonics; post-mineralization tectonics, which however, led only to a change of the position of particular parts of the zone (owing to differential movement of separate blocks).

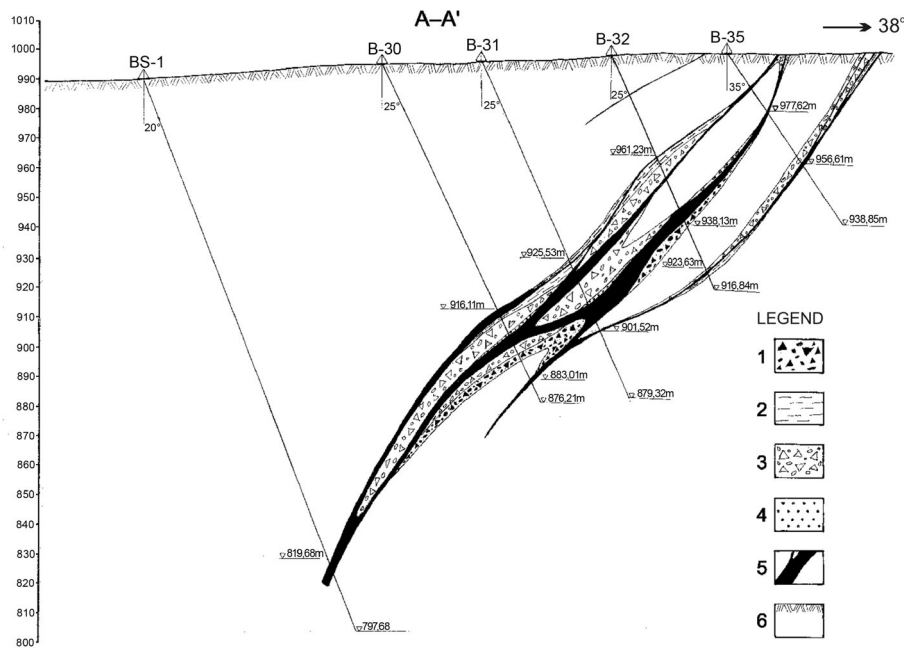


Fig. 3. Geological cross-section A–A' through the magnesite-bearing fracture zone of Čavlovac. 1, Magnesite–serpentinite breccia; 2, non-tronite clay; 3, serpentinite–magnesite breccia; 4, sepiolite–magnesite breccia; 5, magnesite; 6, humus.

Structurologically considered, the magnesite-bearing fracture zones and the fractures where the largest independent magnesite veins occur represent shear fractures, namely h01 ruptures. Thus, magnesite veins, within magnesite-bearing fracture zones (which have the same position as the zones, but are of smaller size), and independent magnesite veins (in other parts of the Zlatibor ultrabasic massif) have mainly similar elements of dip; the statistical maximum of the dip elements of magnesite-bearing fracture zones is 178/22, while in case of independent magnesite veins there are two maxima of dip elements, *i.e.*, 14/82 and 183/68. The apophyses of magnesite veins (both those in magnesite-bearing fracture zones and in independent ones) mainly represents mineralized feather fissures accompanying the main h01 ore-bearing ruptures.

The rupture structure, formed in the pre-mineralization period, impacted decisively magnesite mineralization, which occurred in the Upper Oligocene–Mio-

cene (related to strong disjunctive tectonics and accompanying hydrothermal activity). These ruptures served both for introduction of hydrothermal solutions and for localization of magnesite mineralization. In the mineralization period, the existing fissures were activated many times, there were movements in various directions along them and they were opened and closed periodically, in accordance with the development of regional tectonic movements. These movements caused shattering and crushing of the magnesite substance and neighbouring rocks, while the magnesite and accompanying minerals (dolomite, calcite, quartz, chalcedony, opal and sepiolite) of younger generations were deposited in the newly formed empty spaces.

In the post-mineralization period, strong tectonic movements occurred, finally forming magnesite orebodies, including their fragmentation and differential movement of separate blocks along fault systems.

From a mineralogical point of view, the magnesite from the magnesite-bearing fracture zones is identical to the magnesite from independent veins: it is dense (microcrystalline to cryptocrystalline), white, and exhibits conchoidal fracture. With regards to the magnesite from independent veins, it differs only in a somewhat higher content of other carbonates (dolomite, calcite), while the

content of other accompanying minerals, mainly silica (quartz, chalcedony, opal), is very similar. In accordance with its mineral composition, the magnesite from the magnesite-bearing fracture zones differs from the magnesite from independent veins in a higher content of lime (CaO), *i.e.*, 1.5–3 % in the former and less than 1 % in the latter.

From a mineragenetic point of view, the magnesite-bearing fracture zones and the independent magnesite veins are syngenetic and synchronous formations. Both these structural–morphologic types of magnesite deposits occur in ultrabasites as host rocks and were formed in the same mineralization cycle bound to the Upper Oligocene–Miocene fracture tectonics and accompanying intermediate volcanism, namely its hydrothermal activity. Then hydrothermal solutions (which, in fact, represented a mixture of genuine juvenile solutions and prevailing ground waters of meteoric origin, heated by volcanic chamber), rich in CO<sub>2</sub>, on their ascending movement leached magnesium out of

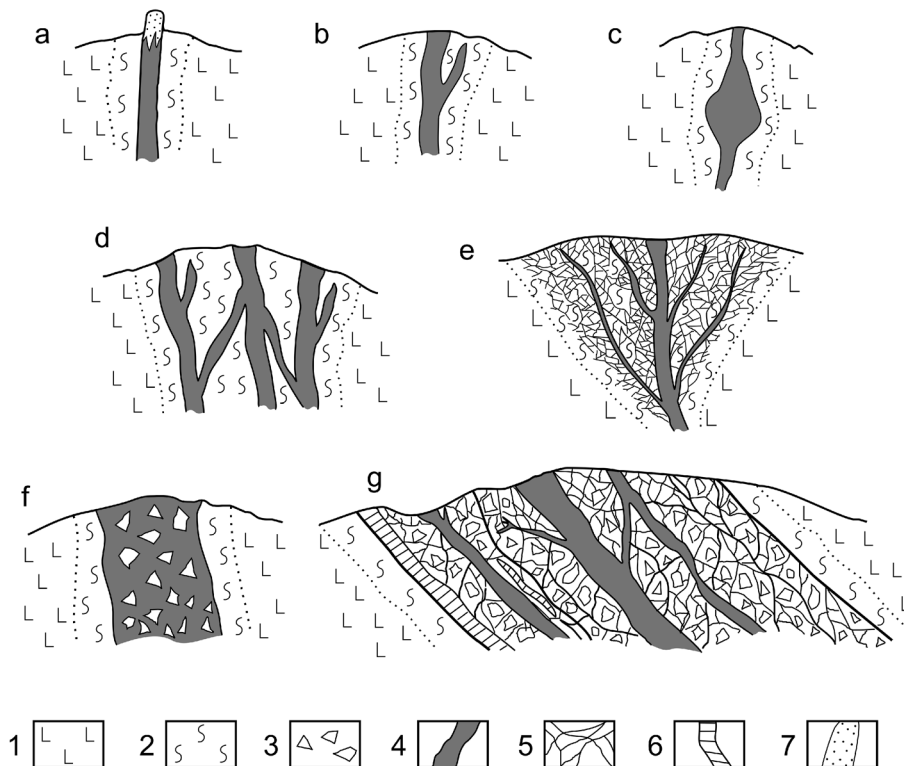


Fig. 4. Structural–morphological types of vein magnesite deposits: **a**, vein with a silica “hat”; **b**, vein with apophysis; **c**, lenticular orebody; **d**, system of veins with apophyses; **e**, vein with apophyses and accompanying stockwork; **f**, brecciated vein; **g**, magnesite-bearing fracture zone. **1**, peridotite; **2**, serpentinite (predominantly schistose with striae); **3**, fragments of serpentinites; **4**, magnesite vein; **5**, magnesite stockwork; **6**, sepiolite veins; **7**, silica “hat” (reef).

deeper lying ultrabasites, transported it in the form of bicarbonate and deposited it in the form of magnesite in ruptures (fracture zones, faults, fissures) in higher parts of the ultrabasic massifs (ILIĆ 1969a). Differences between these two types, thus, are only related to some structural and morphological features, but not to their genesis.

From an economic–geological point of view, magnesite-bearing fracture zones are large deposits of magnesite and accompanying sepiolite, having a complex constitution. In them are magnesite orebodies of varied structural–morphological types (veins, brecciated veins, lenticular and irregular bodies and stockwork), as well as accompanying sepiolite orebodies, which altogether, from an economic–geological point of view, form deposits. These deposits contain significant reserves (from several dozen thousand tonnes to several hundred thousand tonnes) of magnesite substance of good quality for application in the fireproof materials industry, as well as significant reserves of accompanying sepiolite, which has wide industrial application based on its sorbent and catalytic properties. Mining of such large and complex deposits should be performed on the whole and completely (of

all magnesite and accompanying sepiolite orebodies), not only of the largest and high-quality magnesite orebodies.

The Čavlovac, Rasevac, and Masnice III zones in the Zlatibor ultrabasic massif (Figs. 1, 2 and 3) can be considered as typical examples of magnesite-bearing fracture zones. The zones have been noticed in some other ultrabasic massifs (e.g., in the Goleš and Maljen–Suvobor ones) but they have not been sufficiently explored.

## Conclusions

Magnesite-bearing fracture zones represent specific dislocations in ultrabasites, mineralized by magnesite (and often accompanied by sepiolite), having hectometre to kilometre length. Although, they contain all known structural–morphological types of magnesite deposits (and constitutive orebodies) in ultrabasites (veins – single or systems, brecciated veins, lenticular and irregular bodies and stockwork – ILIĆ

1969a), they can be classified into a discrete complex structural–morphologic type, based on their distinct structural, morphological, mineragenetic and economic–geological features. These zones are the most prominent in the Zlatibor ultrabasic massif and economically very significant, as they contain large reserves of high quality magnesite, as well as of the accompanying sepiolite.

## Acknowledgments

The authors are grateful to the reviewers: RUSLAN KOSTOV (University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Sofia, Bulgaria), RADE JELENKOVIĆ (Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia), and MIRA MILIĆ (Faculty of Forestry, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina)

## REFERENCES

- ILIĆ, M. 1969a. Genesis and genethic types of magnesite deposits of the Balkan Peninsula. *Acta geologica JAZU VI, Privredoslovna istraživanja*, 36: 67–102, Zagreb (in Croatian, English summary).

- ILIĆ, M. 1969b. On the stratigraphic position and tectonic characteristics of the ultrabasic massifs of the Dinarides. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 34: 519–541, Beograd (in Serbian, English summary).
- ILIĆ, M., PAVLOVIĆ, Z. & MILADINOVIĆ, Z. 2005. Results of exploration of magnesites in the area of Zlatibor ultrabasic massif in the period of 2002–2004. 6. *Međunarodna izložba i savetovanje „Kamen 2005”*, 32–40, Arandelovac (in Serbian, English summary).
- ILIĆ, M. & RUBEŽANIN, D. 1978. On the origin of magnesite deposits of the Zlatibor ultrabasic massif. *Zbornik radova IX kongresa geologa Jugoslavije*, 539–554, Sarajevo (in Serbian, English summary).
- KARAMATA, S. & POPEVIĆ, A. 1996. Ultramafites of Mt. Zlatibor. In: DIMITRIJEVIĆ M.D. (ed.), *Geology of Zlatibor Mt.*, Geoinstitut, monografija, posebna izdanja 18: 31–36, Beograd (in Serbian, English summary).
- POPEVIĆ, A., JOKSIMOVIĆ, D. & KARAMATA, S. 1996. The Magnesites of Zlatibor. In: DIMITRIJEVIĆ M.D. (ed.), *Geology of Zlatibor Mt.*, Geoinstitut, monografija, posebna izdanja 18: 69–74, Beograd (in Serbian, English summary).

## Резиме

### Магнезитоносне разломне зоне у златиборском ултрабазитском масиву (Србија) као посебан изолован структурно-морфолошки тип магнезитских лежишта у ултрабазитима

У овом раду је приказан један посебан, до сада неиздвојен, структурно-морфолошки тип жичних магнезитских лежишта: *магнезитоносне разломне зоне*, који треба прикључити до сада познатим типовима (то су: магнезитске жице – појединачне или системи, бречасте жице, сочиваста и неправилна магнезитска тела и магнезитски штокверк; Илић 1969а; Илић и Рубежанин 1978; Попевић и др. 1996). Ове зоне се јављају на више места у Србији, а најбоље су изражене у златиборском ултрабазитском масиву (сл. 1) (Илић и др. 2005), што је предмет овог рада.

Магнезитоносне разломне зоне представљају сложене дисјунктивне деформације у ултрабазитима (Илић 1969б; Карамата и Попевић 1996), хектометарске до километарске дужине, које су орудњене магнезитом (а често и пратећим сепиолитом) (сл. 1 и 2). Иако оне, парцијално посматрано, садрже све познате, горе наведене структурно-морфолошке типове магнезитских лежишта (односно конститутивних рудних тела) у ултрабазитима, оне се, на основу својих посебних структурних, морфолошких, минерагенетских и економско-геолошких карактеристика, интегрално посматрано, могу издвојити као посебан, комплексан структурно-морфолошки тип.

У златиборском ултрабазитском масиву до сада је откривено седам магнезитоносних разломних зона: четири у рудном пољу Рибница–Доња Јабланица (Чавловац, Масница II, Масница III и Расевац), једна у рудном пољу Стубло (Марин Извор), једна у рудном пољу Словићи (Словићи) и једна у рудном пољу Гола брда (Расадник) (сл. 1). Оне имају генерално пружање 3–И до ЗСЗ–ИЈИ, а пад према Ј односно ЈЈЗ под 20–50°.

Ове зоне имају дужину од пар стотина метара до око 2 km, ширину од неколико метара до неколико десетина метара (сл. 2а и б), а простирање по паду им износи 100–300 m (сл. 3). По пружању и паду оне постепено исклињавају, а постоје и прелази у магнезитске жице. Према околним ултрабазитима оне обично имају јасне салбанде (на лежећем и/или висећем боку), а унутар њих ултрабазити су интензивно катаклазирани, серпентинисани, нонтронитисани и лимонитисани (сл. 3 и 4). Магнезит се у њима најчешће јавља у виду паралелних или субпаралелних жица (простих или сложених – са апофизама, местимично бречастих), истог залегања као и читава зона, сочивастих и неправилних тела и штокверка. Степен орудњености ових зона магнезитском супстанцом износи 30–40 %. Поред магнезита, у овим зонама се јавља и сепиолит у виду жица у магнезиту или посебних жица и као везиво у магнезитским бречама (сл. 3 и 4).

Магнезитско орудњење или прати целокупну дислокацију или се пак јавља само у појединим њеним деловима. Првонаведени пример представља магнезитоносна разломна зона Чавловац (сл. 2а), а другонаведени пример је дислокација Доња Јабланица – Бакића Колибе у којој се магнезитско орудњење јавља у два њена дела (који се третирају као посебне магнезитоносне разломне зоне): Масница III и Расевац (сл. 2б). Делимична орудњеност неких дислокација може се објаснити специфичностима прерудне и рудне тектонике; пострудна тектоника је, међутим, само доводила до промена просторног положаја појединих делова зоне (услед диференцијалног кретања оделитих блокова).

Структуролошки посматрано, магнезитоносне разломне зоне, исто као и разломи у којима се налазе највеће самосталне магнезитске жице, представљају раседе смицања, односно h01 руптуре. Стога магнезитске жице у оквиру магнезитоносних разломних зона (које имају исто залегање као и зоне, само са мањих димензија) и самосталне магнезитске жице (у другим деловима златиборског ултрабазитског масива) већином имају сличне елементе пада; статистички максимум елемената пада магнезитоносних разломних зона износи 178/22, а код самосталних магнезитских жица постоје два максимума елемената пада 14/82 и 183/68. Апофизе магнезитских жица (како оних

у магнезитоносним разломним зонама тако и оних самосталних) већином представљају орудњене тензионе (перасте) пукотине које прате главне  $h0l$  рудоносне руптуре.

За магнезитску минерализацију, која је извршена у периоду горњи олигоцен–миоцен (у вези са снажним дисјунктивном тектоником и пратећом хидротермалном активношћу), пресудан значај је имао руптурни склоп образован у прерудном периоду: ове руптуре су послужиле и за привођење хидротермалних раствора и за локализацију магнезитског орудњења. У рудном периоду постојећи разломи били су виšekратно активирани, дуж њих су вршена кретања у разним правцима, периодично су отворани и затворани, у складу са развојем регионалних тектонских покрета. Ова кретања проузроковала су ломљење и дробљење магнезитске супстанце и околних стена, а у новообразованим празним просторима депонован је магнезит и пратећи минерали (доломит, калцит, кварц, калцедон, опал, сепиолит) млађих генерација, у више фаза.

У пострудном периоду такође су деловали снажни тектонски покрети који су финално уобличили магнезитска рудна тела, укључујући њихово разламање и диференцијално кретање оделитих блокова дуж система раседа.

У минералошком погледу магнезит из магнезитоносних разломних зона је идентичан магнезиту из самосталних жица једар (микросталаст до криптокристаласт), беле боје, шкољкастог прелома. Од магнезита из самосталних жица разликује се само по нешто вишем садржају других карбоната (доломита, калцита), док су остали пратећи минерали, пре свега силицијски (кварц, калцедон, опал), приближно једнако заступљени.

У складу са својим минералним саставом, магнезит из магнезитоносних разломних зона се од магнезита из самосталних жица разликује по повећаном садржају калције (CaO): 1,5–3 % код првопоменутих, а испод 1 % код другопоменутих.

У минерагенетском погледу магнезитоносне разломне зоне и самосталне магнезитске жице представљају сингенетске и синхроничне творевине. Оба ова структурно-морфолошка типа магнезитских лежишта налазе се у ултрабазитима као околним стенама и образована су у истом минерализационом циклусу везаном за горњоолигоценско-миоценску разломну тектонику и пратећи интермедијарни вулканизам, односно за његову хидротермалну активност. Тада су хидротермални раствори (који су заправо представљали мешавину правих јувенилних раствора и од стране вулканског огњишта загрејаних подземних вода метеорског порекла), богати садржајем  $CO_2$ , при свом асцедентном кретању, вршили излуживање магнезијума из дубље лежећих ултрабазита, транспортовали га у виду бикарбоната, а обарали га у виду магнезита у разломима (разломним зонама, раседима, пукотинама) у вишим деловима ултрабазитских масива (Илић 1969а). Разлике између њих, дакле, постоје само у погледу неких структурних и морфолошких карактеристика, али не и погледу њихове генезе.

Са економско-геолошког аспекта магнезитоносне разломне зоне представљају велика лежишта магнезита и пратећег сепиолита, сложене грађе.

Магнезитоносне разломне зоне се, осим напред описаних у златиборском ултрабазитском масиву, јављају и у неким другим ултрабазитским масивима Србије (нпр. голешком, маљенско-сувоборском) али нису довољно истражене.