



**Здружение на рударски и геолошки инженери
на Република Македонија**

**XIII-то СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ
СО МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

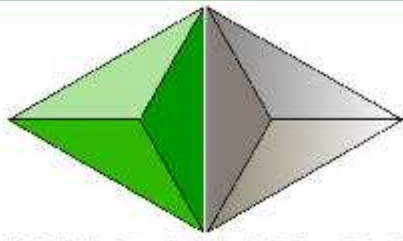
ПОДЕКС - ПОВЕКС '22

**14-16. Октомври. 2022 год.
Охрид**

**ЗБОРНИК
НА
ТРУДОВИ**



**ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**



САСА

рудник за олово и цинк



Рудник САСА ДООЕЛ
Рударска 28, МК-2304
Македонска Каменица
Република С. Македонија

Тел. +389 (0) 33 279 200
Тел. +389 (0) 33 279 201
contact@sasa.com.mk
<http://www.sasa.com.mk>



ЗРГИМ

**XIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '22

**14 ÷ 16. 10. 2022 година
Охрид**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Зборник на трудови:

ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

Издавач:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија
www.zrgim.org.mk

Главен и одговорен уредник:

Проф. д-р Стојанче Мијалковски

За издавачот:

м-р Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.

Техничка подготовка:

Проф. д-р Стојанче Мијалковски

Изработка на насловна страна:

Доц. д-р Ванчо Аџиски

Печатница:

“2-ри Август”, Штип

Година:

2022

Тираж:

200 примероци

Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга да биде репродуциран, снимен или фотографираан без дозвола на авторите и издавачот.



ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

www.zrgim.org.mk



КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Блажо Боев**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Војо Мирчовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Доц. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Милорад Јовановски**, УКИМ, Градежен факултет, Скопје, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Раде Токалиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Војин Чокорило**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Радоје Пантовиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Јоже Кортник**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Верослав Молнар**, БЕРГ Факултет, Технички Универзитет во Кошице, Р. Словачка;
Проф. д-р **Иваило Копрев**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Димитар Анастасов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Павел Павлов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Венцислав Иванов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Кемал Зекири**, Факултет за геонауки, Митровица, Косово;
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател:

Проф. д-р **Ѓорги Димов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија.

Потпретседатели:

Проф. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
м-р **Драган Димитровски**, ДИТИ, Скопје;
Митко Крмзов, Геомин, Струмица.

Генерален секретар:

м-р **Горан Сарафимов**, Рудник “Боров Дол”, Радовиш.

ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:

Проф. д-р **Радмила Каранакова – Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип;
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;
м-р **Кирчо Минов**, Рудник “Бучим”, Радовиш;
м-р **Драги Пелтечки**, “Рудплан” ДООЕЛ, Струмица;
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Сашо Јовчевски**, Dekra Arbeit, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Андреј Кепевски**, Цементарница “Усје”, Скопје;
м-р **Дејан Ивановски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Лазе Атанасов**, ДИТИ, Скопје;
м-р **Дејан Петров**, Геотехника, Штип;
м-р **Горан Стојкоски**, ЗРГИМ, Прилеп;
Триантафилос Триантафилиу, Мермерен комбинат, Прилеп;
Мице Тркалески, Мермерен комбинат, Прилеп;
Зоран Костоски, Мармобанко, Прилеп;
Шериф Алиу, ЗРГИМ, Кавадарци;
Антонио Антовски, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;
Ангелчо Заковски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Тони Митевски, Рудник “САСА”, М. Каменица;
Емил Јорданов, ГД “Гранит” АД, Скопје;
Александар Стоилков, АД ЕЛЕМ,
Миланчо Дамески, МИСА-МГ, Скопје;
Сашко Дамески, МИСА-МГ, Скопје;
Лазар Пончев, Машинокоп, Кавадарци;
Игор Трајанов, Рудник “Боров Дол”, Радовиш;
Виктор Шотаровски, Метсо минералс, Скопје;
Никола Механџиски, “Кнауф”, Дебар;
Пепи Мицев, “Геомин”, Струмица;
Мартин Здравкин, “ТЕТА - КОП”, Велес;
Илија Лозановски, “Теиком Тим”, Битола.

**XIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”
- со меѓународно учество –**

14 Октомври 2022, Охрид
Република Северна Македонија

ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
www.zrgim.org.mk

КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
www.ugd.edu.mk



ЗРГИМ

XIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

“Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини”

ПОДЕКС – ПОВЕКС '22

Охрид

14 ÷ 16. 10. 2022 год.

ПРЕДГОВОР

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните сировини (ПОДЕКС), за првпат се одржа на 06.12.2007 год. во Пробиштип во организација на Сојузот на Рударските и Геолошките Инженери на Македонија (СРГИМ).

Од 2012 година советувањето е проширено со трудови од површинската експлоатација на минерални сировини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини, традиционално се одржуваше секоја година во месец ноември. По пауза од три години, поради пандемијата од COVID-19, од оваа година започнува со одржување во октомври. На ова советување земаат учество голем број на стручни лица од: рударската индустрија, универзитетите, научно - истражувачките и проектантските организации, производителите на опрема и др.

На досегашните дванаесет советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 и 2019 год.) учествуваа повеќе автори од 12 држави, кои презентираа 337 стручни трудови.

За ова тринаесетто советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '22) пријавени се 29 труда, на автори од 3 држави.

Големиот број на трудови од домашните автори произлезе како резултат на научно-истражувачката работа реализирана на високообразовните институции во Р. С. Македонија. Меѓутоа, посебно не радува учеството на автори од непосредното рударско производство, кои што презентираат постигнати резултати во рударската пракса.

Се надеваме дека традицијата за собирање на сите специјалисти од областа на подземната и површинската експлоатација на минералните сировини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници



AMGEM

XIII EXPERT CONFERENCE THEMED:

“Technology of underground and surface mining of mineral raw materials”

PODEKS - POVEKS '22

**Ohrid
14 ÷ 16. 10. 2022.**

FOREWORD

The International expert conference on underground mining of mineral raw materials (PODEKS), organized by the Association of Mining and Geology Engineers of Macedonia (AMGEM), was first held on 06.12.2007 in Probishtip.

Since 2012, in this counseling, surface exploitation of mineral resources is included too, and it is called PODEKS-POVEKS.

This expert conference called: Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, traditionally, was been organized annually during November. After a three-year hiatus, due to the COVID-19 pandemic, this year it starts taking place in October. A number of experts from the mining industry, universities, research institutions, planning companies, and equipment manufacturing companies participate in this conference.

Many authors from 12 countries participated in the previous twelve conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 and 2019) presenting 337 expert papers.

Twenty-nine authors from 3 countries have registered their expert papers for the XIIIth conference (PODEKS - POVEKS '22).

The large number of expert papers from the domestic authors has emerged as a result of the research work carried out at the higher education institutions in the Republic of North Macedonia. We are particularly delighted by the participation of the authors involved in the immediate mining production who will be presenting the achieved results in the mining practice.

We hope that the tradition of gathering of all specialists from the field of underground and surface mining of mineral raw materials will continue and that this conference will grow up to an international conference in the future.

The Editors



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

XIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

**Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '22

**Охрид
14 ÷ 16. 10. 2022 год.**

СОДРЖИНА

HOVERMAP & SIROVISION – USE OF NOVEL TECHNOLOGIES FOR REMOTE AND AUTONOMY MAPPING AND ANALYSIS * Lyudmila Moskovska.....	1
МОРФОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА АЛУВИЈАЛНО ЗЛАТО КАКО КРИТЕРИУМ ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА НЕГОВОТО ПРИМАРНО ПОТЕКЛОТО * Виолета Стефанова, Виолета Стојанова, Гоше Петров.....	11
ПРИМЕНЕТИ МЕТОДИ ПРИ ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА НА ТЕХНИЧКИ ГРАДЕЖЕН КАМЕН * Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски.....	17
КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА МЕРМЕРИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ЦРКОВНИ РИД (ВАРДАРСКА ЗОНА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА) КАКО ОСНОВА ЗА НИВНА УПОТРЕБА КАКО ГРАДЕЖЕН КАМЕН * Орце Спасовски, Благица Донева.....	27
МОЖНОСТИ ЗА ДОИСТРАЖУВАЊЕ НА ЈАГЛЕНОВО НАОЃАЛИШТЕ ЖИВОЈНО * Бојан Ивановски, Александар Стоилков, Благојче Митревски, Симона Ивановски, Ласте Ивановски.....	35
НАОЃАЛИШТА НА БЕНТОНИТСКИ ГЛИНИ, ЕКСПЛОАТАЦИЈА И НИВНА ПРИМЕНА ВО ИСТРАЖНОТО ДУПЧЕЊЕ * Ласте Ивановски, Ванчо Ангелов, Орце Петковски, Бојан Ивановски.....	42
ХИДРОГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГНОЗЕН МОДЕЛ НА ГЕОТЕРМАЛНИОТ СИСТЕМ ЗДРАВЕВЦИ, КРАТОВСКО * Орце Спасовски, Благица Донева.....	51
ГЕОЛОГИЈАТА НА МАРС * Иван Боев, Елида Лецај	60

ПРИМЕНА НА ГЕОФИЗИЧКИТЕ МЕТОДИ ВО РУДАРСТВОТО * Благица Донева, Марјан Делипетрев, Ѓорги Димов, Ристо Поповски.....	75
ПРИМЕНА НА МЕТОДИ ЗА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКО ОДЛУЧУВАЊЕ ПРИ ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева, Ванчо Гоцевски.....	82
ЗАПОЧНУВАЊЕ СО ИЗРАБОТКА НА ГЛАВЕН ТРАНСПОРТЕН И СЕРВИСЕН НИСКОП ОД ПОВРШИНАТА ДО ХОРИЗОНТ 750 ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК “САСА” * Дејан Ивановски, Борче Гоцевски, Стојанче Мијалковски, Чедо Ристовски, Тони Митевски, Цеце Стојчев, Сашко Цветковски.....	89
МОДИФИЦИРАНА ПОДГРАДНА МЕТОДА СО ЗАШТИТЕН ЧАДОР, СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ: ГЛАВЕН НИСКОП, РУДНИК „САСА“ * Николинка Донева, Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски, Дејан Ивановски, Афродита Зенделска, Марија Хаџи-Николова.....	98
ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ ЗА ОТКОПУВАЊЕ СО ЗАПОЛНУВАЊЕ НА ОТКОПАНИТЕ ПРОСТОРИ ВО ПОДЗЕМНИТЕ РУДНИЦИ ЗА МЕТАЛИ ВО МАКЕДОНИЈА * Зоран Десподов, Сојанче Мијалковски.....	106
ПРЕДВИДУВАЊЕ НА ЕФЕКТИТЕ ОД МИНИРАЊЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА СОФТВЕРСКИ ПРОГРАМИ * Илија Дамбов.....	118
ФРАГМЕНТАЦИЈА НА КАРПИ – МОДЕЛИРАЊЕ НА ПРОЦЕНКА ПРЕД И ПО МИНИРАЊЕ * Зоран Панов, Лазо Пекевски, Радмила Каранакова Стефанова, Ристо Поповски.....	129
АНАЛИЗА НА ЕФЕКТИТЕ ОД МИНИРАЊЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА СОФТВЕРСКИ ПРОГРАМИ * Ристо Дамбов, Илија Дамбов, Јован Лотески.....	138
ТЕХНОЛОГИЈА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ТРАВЕРТИНСКИ БЛОКОВИ ВО РУДНИКОТ ГОЛУБОВА ПЕШТЕРА С. БЕШИШТЕ – ПРИЛЕП * Ристо Дамбов, Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Костоски, Илија Дамбов, Магдалена Костоска.....	150
СЕИЗМИЧКИ ЕФЕКТИ ПРИ МИНИРАЊЕ НА ПК „ТРОЈАЦИ“, ПЛЕТВАР, ПРИЛЕП * Јован Лотески, Ристо Дамбов, Илија Дамбов.....	161
ИЗРАБОТКА НА КОНТУРНИ МИНСКИ ДУПНАТИНИ НА ЕКСПРЕСНИОТ ПАТ ГРАДСКО - ПРИЛЕП, ПОДДЕЛНИЦА ДРЕНОВО - ФАРИШ * Миле Стефанов, Зоран Ужевски, Пепи Мицев.....	173
A STOCHASTIC APPROACH FOR DETERMINING A SUSTAINABLE CUTTING PATTERN FOR IRREGULARLY SHAPED STONE BLOCKS * Dimitar Kaykov, Ljupcho Dimitrov.....	183

AN INTRODUCTION ON ASSESSMENT OF THE LIGNITE PRICE- CASE STUDY KOSOVO'S LIGNITE * Kemajl Zeqiri, Naser Peci.....	194
НЕКОНВЕНЦИОНАЛНИ МЕТОДИ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕНИ * Александар Стоилков, Пеце Муртановски, Маја Јованова, Сашо Цветковски, Миле Арсовски.....	200
РАБОТНИ УСЛОВИ ПРИ ПРОЦЕСОТ НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски.....	207
ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕД НА ОПРЕМАТА КОЈА СЕ КОРИСТИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНА СУРОВИНА * Игор Максимов.....	219
ИДЕЈНО РЕШЕНИЕ ЗА ХИДРОТРАНСПОРТ И ОДЛАГАЊЕ НА ЈАЛОВИНАТА НА ЈАЛОВИШТЕ 2 – ТОРАНИЦА * Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Стојанче Мијалковски.....	226
МОНИТОРИНГ НА РЕКУЛТИВАЦИЈА НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА МУЛТИСПЕКТРАЛНО ДАЛЕЧИНСКО НАБЉУДУВАЊЕ * Ванчо Аџиски, Стојанче Мијалковски.....	235
ОТСТРАНУВАЊЕ НА ТЕШКИ МЕТАЛИ ОД КИСЕЛА РУНИЧКА ДРЕНАЖА СО НЕУТРАЛИЗАЦИЈА * Афродита Зенделска, Адријана Трајанова, Мирјана Голомеова, Благој Голомеов, Дејан Мираковски, Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова.....	247
ВКЛУЧУВАЊЕТО И УЧЕСТВОТО НА ВРАБОТЕНИТЕ КАКО ЗНАЧАЕН ФАКТОР ЗА КОНТИНУИРАНО ПОДОБРУВАЊЕ НА БЕЗБЕДНОСТА И ЗДРАВЈЕТО ПРИ РАБОТА * Анкица Илијева Стошиќ.....	256
СЕИЗМИЧНОСТ НА РЕГИОНОТ ШТИП-РАДОВИШ ВО ПЕРИОДОТ ОД 2000 ГОДИНА ДО 2021 ГОДИНА * Јасмина Најдовска, Катерина Дрогрешка, Ивана Молеровиќ, Моника Андреевска, Марјан Делипетрев, Драгана Черних Анастасовска, Љубчо Јованов.....	267



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

XIII^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '22

Охрид
14 – 16. 10. 2022 год.

ХИДРОГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГНОЗЕН МОДЕЛ НА ГЕОТЕРМАЛНИОТ СИСТЕМ ЗДРАВЕВЦИ, КРАТОВСКО

Орце Спасовски¹, Благлица Донева¹

¹Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Р. Северна Македонија

Апстракт: Во трудот ќе бидат прикажани некои податоци за хидрогеохемиските карактеристики на термоминералната вода од геотермалниот систем Здравевци, Кратовско. Направен е обид да се следат хидрогеохемиските карактеристики на термоминералната вода со цел да се утврди присуството и варирањето во содржините на поедините елементи. Одредени се, симултано, содржините на следните елементи: Ca, Mg, Na, K како главни елементи, Fe, Al, Mn, Li, и Sr како споредни и As, Ag, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, P, Pb, Se, Ti и Zn, и др. како микроелементи, со методата на атомско – емисиона спектроскопија со индуктивно спрегната плазма (AES-ICP). Добиените резултати од извршените испитувања укажуваат дека не постојат значајни отстапувања во содржините на анализираните елементи. Резултатите од досегашните теренски, лабораториски и други истражувања и испитувања даваат можност да се создаде прв прелиминарен модел на геотермалниот систем Здравевци.

Клучни зборови: Здравевци, геотермален систем, AES-ICP, главни елементи, микроелементи, термоминерална вода.

HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND FORECASTING MODEL OF THE GEOTHERMAL SYSTEM ZDRAVEVCI, KRATOVSKO

Orce Spasovski¹, Blagica Doneva¹

¹University “Goce Delcev”, Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip,
R. of North Macedonia

Abstract: The paper presents some data on the hydro - geochemical characteristics of the thermal - mineral water of the geothermal system Zdravevci in the vicinity of Kratovo. An attempt has been made to study the hydro - geochemical characteristics of the thermal - mineral water in order to determine the presence and variation of the content of individual elements. The contents of the elements such as Ca, Mg, Na, K have been determined as major and Fe, Al, Mn, Li, Sr as accessory as well as As, Ag, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, P, Pb, Se, Ti etc. as microelements. The elements were determined with AES-ICP method. The results obtained indicate that there is no significant deviation in the content of elements analyzed. The results of the previous field, laboratory and other research and tests provide the opportunity to create a first preliminary model of the Zdravevci geothermal system.

Keywords: *Zdravevci, geothermal system, AES-ICP, major elements, microelements, thermomineral water.*

1. ВОВЕД

Геотермалниот систем Здравевци – Кратовско се наоѓа во пределот на централниот северо - источен дел од познатата пространа Кратовско – Злетовска вулканска област чија површина изнесува преку 1200 km².

Според многубројните податоци од разновидни геолошки и пратечки истражувања, вулканската активност започнала пред крајот на горен еоцен и со поголеми или помали прекини траела низ целиот олигоцен, мио – плочен и квартал, со до денешно време, за што сведочат денешните појави и наоѓалишта на хидротермални и литогеотермални потенцијали.

Во текот на долготрајната и повеќефазната вулканска активност, во субмарински, сублакустрински, делумно и субаерски услови, покрај разновидните изливи на дацито – андезити и игнимбрити тука се образувани и вулканогено – седиментни творби. Меѓу нив, често и на повеќе нивоа, вршено е одложување на стратификувани, најчесто пелитски туфови, со примеси на теригениот материјал од околината. Овие творби (заедно со останатите вулканити), имаат примарно значење како извонреден кровински изолатор за сите хидротермални раствори, а покасно и денес како горен изолатор на хидротермалните флуиди.

Во периодот од 1972-1974 година, Геоинститут од Белград во пределот на Туралевскиот Кратер, на локалитетот Боровиќ, вршел истражувања на полиметалична минерализација.

Во својата студија - дисертација: Хидрогеологија на минералните води на територијата на СРМ, Котевски, Г., (1987) дава, покрај останатото, и основни податоци за минералната вода на каптираниот извор кај с. Железница (Гоцева Чешма).

Првите сознанија за просторната положба на млади и уште неизладени магматски тела, потекнуваат од Столиќ, Н. (1997), а врз основа на реинтерпретација на резултатите од регионалните гравиметриски и геоелектрични испитувања.

Корисни податоци за геотермалниот систем Здравевци можат да се најдат во работите на Ракиќ, С. и др. (1993, 1995, 1996, 2002), Христов, С. и др. (1976), Георѓиева М. (1990, 1995, 2000), Георѓиев, Д. (1989), Вучиќ, Д. (1989), Спасовски, О. и др. (2003).

2. ПРИМЕНЕТИ МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Бидејќи како предмет на истражување е терен со сложена геолошка градба и еволуција неопходна е примена на комплексна методологија на теренски и современи лабораториски методи со кои би се добиле поефатни податоци за пореална интерпретација на поставената цел

Основната методологија се состоеше од анализа на резултатите од сите релевантни видови геолошки истражувања, изработка на подлоги, по неопходни параметри, потребни за оценката на геотермалните ресурси и оценка на геотермалните ресурси.

За следење на квалитетот на термоминералната вода од Геотермалниот систем Здравевци земени се примероци на вода од дупнатини кои се наоѓаат во Туралевскиот кратер по течението на реката Повишница. Содржината на

испитуваните елементи е одредувана со атомско емисионен спектрометар со индуктивно спрегната плазма, модел LIBERTY 110. На земените примероци се одредени, симултано и без никакви претходни подготовки (концентрирања и одделувања) содржините на следните елементи: Ag, As, Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Se, Sr, Ti и Zn.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Извршени се испитувања на пет примероци земени од дупнатини од кои денес истекува вода и еден примерок на вода од извор во реката Повишница (Табела 1). Резултатите добиени од овие испитувања ја потврдуваат припадноста на водата од овој геотермален систем кон категоријата на натриум-калциум-хидрокарбонатни, сулфатни, сулфидни и ниско кисели јаглеродни хипертерми (Слика 1).

Вкупната минерализација на анализираната вода е прилично висока и често е поголема од 1 g/l односно се движи помеѓу 0.33 – 2.88 g/l.

Анализираните води по своите физички особини се бистри, без боја, без мирис или слаб мирис на H₂S, без вкус или со слаб кисел вкус. Температурите им варираат во широки граници при што некои од нив можат да се сврстат во хипотерми, други во хомеотерми, додека водата од ZD-3 во хипертерми.

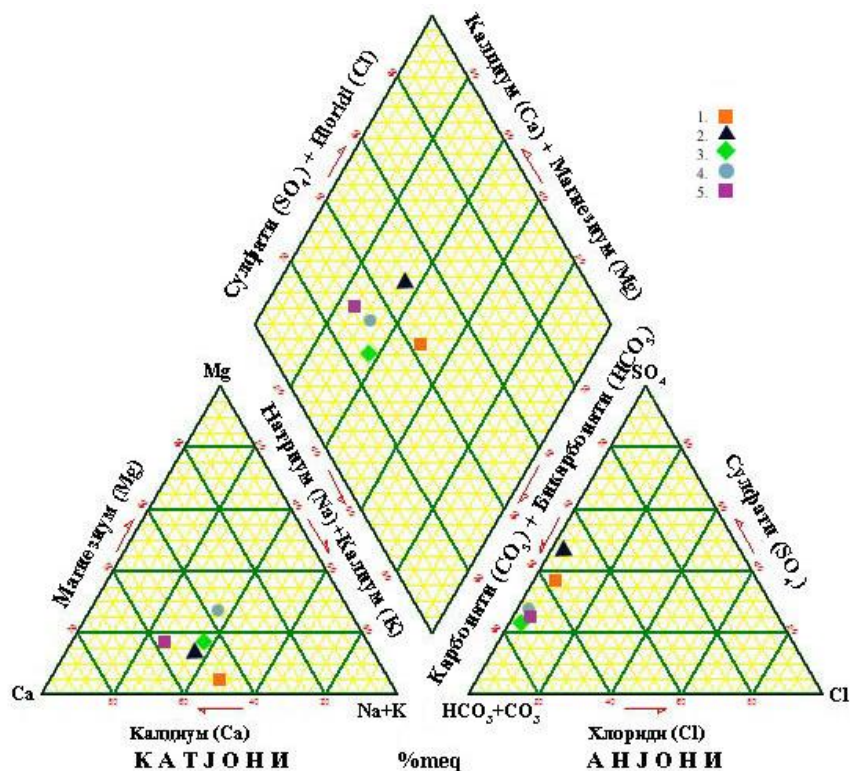
pH вредностите варираат во широки граници, но најчесто тоа се неутрални води (со pH од 6.5 до 7.5). Екстремно кисела (pH – 2.6) е само водата од еден кладенец на Плавица каде е присутно интензивно разложување на сулфидните минерали.

Табела 1. Хемиски состав на термоминералната вода од геотермалниот систем “Здравеци“ (mg/l)

Компоненти	Ознака на примероците					Извор
	ЗД-4 (1)	ЗД-4 (2)	ЗД-3 (1)	ЗД-3 (2)	ЗД-7)	
Na	214	260	252	223	90	175
K	40	39	36	37	38	53
Ca	319	340	262	320	295	271
Mg	52	38	36	32	45	79
Cl	33	34	44	80	28	39
SO ₄	374	492	430	560	480	332
HCO ₃	658	662	483	769	674	632
pH	6.8	6.8	7.0	6.9	7.1	6.8

Напомена: Анализите се работени во Заводот за здравствена заштита во Велес.

Во поглед на гасниот состав, може да се каже дека сите минерални води од овој простор во кои се појавуваат гасови припаѓаат на јагленокисели води, содржината на CO₂ преминува 90%, а најчесто се работи скоро за стопостотен CO₂. Извесни примеси на N₂ и O₂ кои се резултат на контаминацијата од воздухот поради застареност на инструментите при земањето и испитувањето на примероците.



Слика 1. Трилиннеарен дијаграм за хемискиот состав на термоминералните води по Пајпер за геотермалниот систем “Здравевци”
1. ZD-3, 2. Извор, 3. ZD-5, 4. ZD-4, 5. ZD-2.

Обилното појавување на CO_2 во повеќе природни извори и во некои од истражните дупнатини, укажува како на висока температура во колекторот на геотермалниот систем, така и на неговите големи димензии. Од друга страна големото појавување на CO_2 во овие води ја потврдува претпоставката за постоење на големи маси на карбонатни творевини во рамките на колекторот на геотермалниот систем “Здравевци”.

Со анализирање на резултатите од хемиските анализи на тешките метали се забележува голем дел од испитуваните тешки метали во термоминералната вода од геотермалниот систем Здравевци се во границите на нормалните вредности.

Најновите испитувања на термоминералната вода од геотермалниот систем Здравевци укажуваат дека оваа вода се одликува со зголемени концентрации на поголем број на компоненти во прв ред Sr и As а кои највероватно се продукт на класичните хидротермални системи, локализирани на поголеми длабочини

Со овие испитувања е опфатена само водата од дупнатините ЗД-3, ЗД-4, ЗД-7 и ЗД-5, добиените резултати се прикажани во табела 2 и 3.

Содржината на алкалните метали Na и K варира и тоа на Na од 30,54 mg/l (ЗД-5) до 252,12 mg/l (ЗД-3). Содржината на K остено е помала од Na, се движи од 1,28 mg/l (ЗД-5) до 39,28 mg/l (ЗД-4). Содржината на Ca исто така е различна од поедините дупнатини и истата се движи од 273,79 mg/l (ЗД-7) до максимум од 369,07 mg/l (ЗД-4). Магнезиумот не покажува значајни варирања по однос на содржините и истиот се движи во границите од 30,77 mg/l (ЗД-3) до максимум од 71,08 mg/l (ЗД-5).

Од микрокомпонентите во анализираните проби за одбележување се содржините на Al, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Co, Sr, Se, Cd, As и Cr. Особено внимание залужуваат содржините на As, Se и Sr. Во понатамошниот преглед ќе бидат интерпретирани само дел од микроелементите, додека комплетно содржините на сите анализирани елементе можат да се видат во табелите 2 и 3.

Содржината на Al најчесто е околу 0,02 mg/l, додека Mn се движи во границите од 0,209 mg/l (ЗД-3) до максимум 1,07 mg/l (ЗД-5). Железото покажува нешто поголеми варирања во содржините во однос на манганот и најчесто се движи во границите од 0,164 mg/l (ЗД-4) до максимум од 4,99 mg/l (ЗД7).

Арсенот се јавува во содржини од 0.024 mg/l (ЗД-4) до максимум од 0,301 mg/l (ЗД-3). Стронциумот се јавува во зголемени содржини и тоа сите три анализирани примеорци и исти се движи во границите од 3,40 mg/l (ЗД-7) до максимум 5,72 mg/l (ЗД-3). Ni и Co исто така се присутни во сите три анализирани примеорци, но истите не покажуваат некои значајни варирања во однос на нивните содржини.

Врз основа на досега изнесеното може да се забележи дека термоминералната вода се одликува со присуство на голем број на микроелементи кое нешто се должи на геолошката градба на теренот и патиштата низ кои се движеле флуидите.

Сумирајќи ги сите резултати кои се добиени од досегашните истражувања на СИ дел од Кратовско-Злетовска вулканска област и западниот дел на осоговските кристалини, а кои потекнуваат од различни автори, геолози или геолошки екипи, а и нашите повекегодишни теренски, лабораториски и други истражувања и испитувања, денеска сме во можност да сочиниме прв прелиминарен модел на геотермален систем "Здравевци".

Геотермалниот систем "Здравевци" тесно е врзан за просторната положба, генезата и еволуцијата на основен структурен облик на овој простор, кој го нарекуваме "Криворечка синклинала", која претставува една вулкано-тектонска депресија со генерално протегање по правец СЗ - ЈИ.

Табела 2. Содржина на микроелементите во термоминералната вода од дупнатините ЗД-3,ЗД-5, ЗД-7 и ЗД-4 (mg/l)

Елемент	Дупнатина	Резултати од испитувањата		
Ca	ЗД-3	353,03	353,03	338,19
	ЗД-5	286,88	286,88	293,63
	ЗД-7	294,61	294,61	273,79
	ЗД-4	369,07	369,07	340,42
Mg	ЗД-3	38,61	30,77	32,25
	ЗД-5	71,08	49,02	58,48
	ЗД-7	43,57	26,93	34,06
	ЗД-4	43,67	31,56	38,32
Na	ЗД-3	223,50	199,86	252,12
	ЗД-5	36,54	30,54	41,34
	ЗД-7	96,93	68,98	89,96
	ЗД-4	214,29	301,21	213,03
K	ЗД-3	37,504	36,32	36,10
	ЗД-5	36,359	1,39	1,27
	ЗД-7	34,050	36,82	26,53
	ЗД-4	39,281	39,21	40,51
Sr	ЗД-3	5,72	5,31	5,27
	ЗД-5	3,71	4,15	4,71
	ЗД-7	4,78	3,40	4,18
	ЗД-4	5,71	5,23	5,21
Mn	ЗД-3	0,230	0,245	0,209
	ЗД-5	0,797	1,076	0,98
	ЗД-7	0,712	0,839	0,66
	ЗД-4	0,227	0,254	0,24

Fe	ЗД-3	0,171	0,205	0,313
	ЗД-5	0,209	1,36	1,204
	ЗД-7	3,065	4,99	3,685
	ЗД-4	0,164	1,78	1,003
Zn	ЗД-3	0,0069	0,008	0,03
	ЗД-5	0,011	0,011	0,015
	ЗД-7	0,013	0,013	0,013
	ЗД-4	0,632	0,012	0,011
Pb	ЗД-3	0,029	0,015	0,016
	ЗД-5	0,017	0,039	0,014
	ЗД-7	0,0067	0,0051	0,0048
	ЗД-4	0,023	0,015	0,019
Cu	ЗД-3	0,0015	0,0028	0,0040
	ЗД-5	0,0036	0,0130	0,0041
	ЗД-7	0,0078	0,0013	0,0071
	ЗД-4	0,0016	0,0016	0,0044
Ni	ЗД-3	0,002	0,003	0,001
	ЗД-5	0,008	0,002	0,006
	ЗД-7	0,001	0,006	0,004
	ЗД-4	0,001	0,0082	0,001
Cd	ЗД-3	0,0016	<0,001	<0,001
	ЗД-5	<0,001	0,0012	0,0005
	ЗД-7	0,0013	<0,001	0,0018
	ЗД-4	0,0002	<0,001	<0,001
Co	ЗД-3	0,0038	0,0030	0,0026
	ЗД-5	0,0036	0,0038	0,0039
	ЗД-7	0,0042	0,0083	0,0030
	ЗД-4	0,0049	0,0041	0,0040
As	ЗД-3	0,301	0,133	0,091
	ЗД-5	0,090	0,067	0,062
	ЗД-7	0,097	0,035	0,107
	ЗД-4	0,069	0,276	0,024

Табела 3. Тешки и други метали од термоминералната вода од истражна дупнатина ЗД-3 (mg/l)

Елементи	Нормални вредности	Добиени резултати
As	0.05	0.04
Cd	0.01	0.001
Zn	5	0.03
Pb	0.05	0.005
Cu	1	0.005
Ni	0.01	0.005
Hg	0.001	0.001
Cr	0.05	0.01
Ba	1	0.01
Be	0.0002	0.002
Se	0.01	0.002
U	0.50 µg/l	0.2 µg/l

Главна причина за формирањето на Криворечката синклинала е, без сомнение, постепено тонење на различни по старост и состав метаморфни и седиментни (покасно и вулканогено-седиментни и вулкански) творевини како последица на празнење на низа вулкански огништа кои беа линеарно поредени долж главната раседна линија" или релативно блиску до неа.

Не влегувајќи во детали за структурно – геолошката градба, со расположивите податоци, прогнозен модел на геотермален систем "Здравевци" ги има следните битни елементи (слика 2).

Кровински изолатор, кој има термоизолаторски и хидро изолаторски особини, изграден е од комплекс на олигомиоценски и плиоценски вулканогено-седиментни творевини со многу хетероген состав, кои се суперпозиционо често сменуваат. Хидрогеотермалните флуиди низ ваквата средина можат да се

движат само во случај на постоење на накнадно створени раседи или раседни зони, покрај вулканските канали и/или со ерозијата откриени субвулкански пробои.

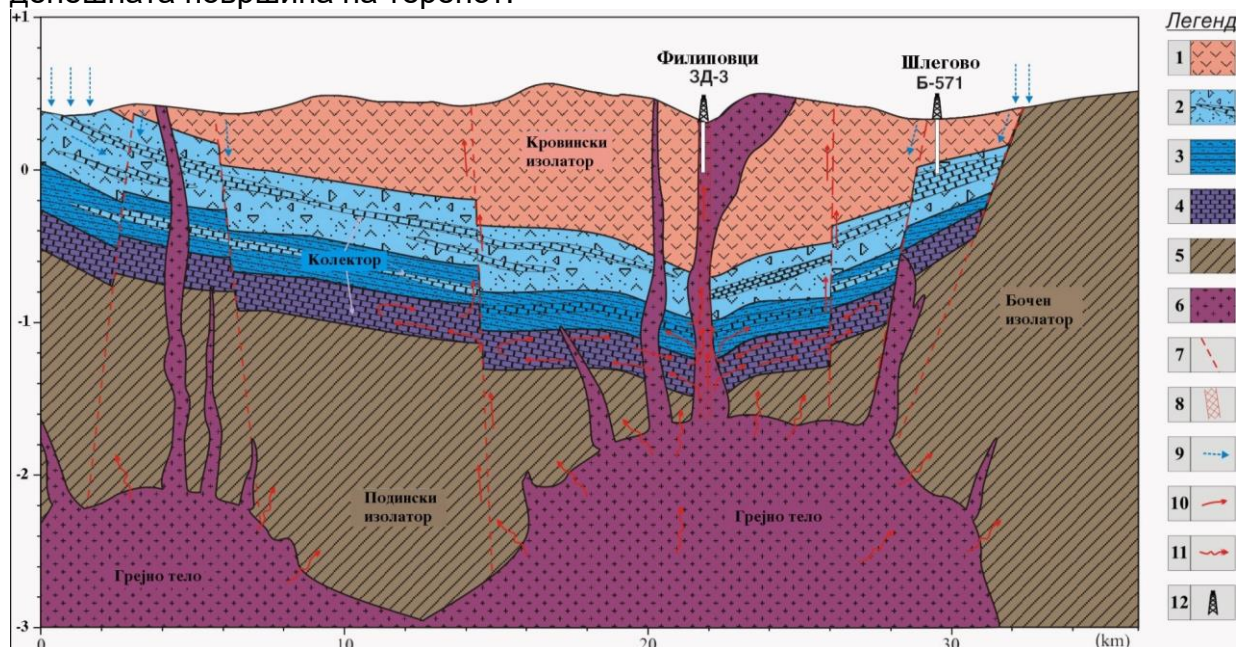
Според досегашните сознанија, кровинскиот изолатор кај геотермалниот систем "Здравевци" има максимална дебелина по голема и од 1.000 m.

Акумулација на хидрогеотермални флуиди (колектор) има многу сложена градба кај геотермалниот систем "Здравевци". Освен за неговата структурно-геолошка и литолошка градба, постојат и дилеми за неговата дебелина, "хоризонтална" распространетост потоа за порозност, испуканост, кавернозност и сл. Во градбата на, колекторот учествуваат различни по геолошката старост творевини и тоа: палеогени (еоценски и олигоценски), горнокредни (возможно е дури и јурски) флишолики творевини и палеозојски мермери и/или циполини.

Како што се гледа на моделот прелиминарната претпоставка е дека вкупната дебелина на колекторот на геотермалниот систем "Здравевци", може да достигне скоро 1.000 m.

Подински изолатор за хидрогеотермалните флуиди веројатно се различни видови на пред палеозојски и палеозојски кристалини, односно во некои случаи возможно и најгорните делови од претпоставениот гранодиоритски плутон или некогашните вулкански огништа.

Грејните тела односно извор на топлината кај геотермалниот систем "Здравевци", по нашето мислење се плутонски гранодиоритски карпи, чии апикални делови веројатно се наоѓаат на длабина не поголема од 1.500 m. Тие плутонски маси, претпоставуваме, имаат и свои "ограноци" во вид на посебни некогашни вулкански огништа или поголеми субвулкански пробои, од типот на Здравчи Камен, или, можеби, и поголеми кои се наоѓаат блиску до денешната површина на теренот.



Слика 2. Прогнозен модел на геотермалниот систем "ЗДРАВЕВЦИ"

Кровински изолатор: 1. Комплекс на вулкански и вулканогено-седиментни творби); Акумулација на хидротермални флуиди (колектор): 2. Еоцен-олигоценски флишоидни седименти, 3. Јурски и кредни флишоидни седименти, 4. Палеозојски мермери и циполини; Подински изолатор: 5. Комплекс на прекамбриски и старопалеозојски карпи; Грејно тело: 6. Гранодиоритски

плутон, 7. Расед, 8. Раседна зона, 9. Атмосферски води, 10. Хидротермални флуиди, 11. Кондуктивен пренос на топлина, 12. Истражна дупнатина.

Искуствата од досегашните обемни и детални геотермални истражувања кај нас и во светот, покажаа дена хидрогео-термалните флуиди, кај современите хидрогеотермални системи не се од јувенилно, туку од вадозно потекло. Таков е случајот и кај хидрогеотермалниот систем "Здравевци".

Сепак, за нив ги имаме и денеска доволно аргументи за да дадеме основана прогноза за зоните на минималната инфилтрација на атмосферските талози, односно на површинските води со кои се прихранува колекторот на хидрогеотермалниот систем "Здравевци".

Спрема досегашните сознанија, истекнување на хидрогео-термалните флуиди од геотермалниот систем "Здравевци"возможен е и се врши денеска во ограничен обем само преку субвертикални раседи или раседни зони, а во неколку последни години и преку неколку плитки истражни дупнатини кои се издупчени на или во близина на тие раседи или раседни зони.

4. ЗАКЛУЧОК

Геотермалниот систем Здравевци тесно е врзан за просторната положба, генезата и еволуцијата на основен структурен облик на овој простор – за Криворечка синклинала, која претставува една вулкано – тектонска депресија, со генерално протегање по правец СЗ – ЈИ.

Минералната вода од проучуваниот простор припаѓа во категорија на натриум-калциум-хидрокарбонатни, сулфатно, сулфидни и ниско кисели јаглеродни хипертерми, што е видливо и од процентуалното учество на поедините растворени компоненти во нив (изразени во mg/l). Поради ваквиот состав оваа минерална вода има банеолошки и лековити особини.

Хемиските геотермометри пресметани преку содржината на поедините растворени компоненти во термоминералните води од геотермалниот систем Здравевци укажуваат на можни екстра високи температури на хидрогеотермалните флуиди во примарниот колектор. Поради високата содржина на CO₂, која може да влијае на зголемената содржина на поедините растворени компоненти (SiO₂, K, Na, Ca),

Минералната вода од спомнатата локалност се одликува и со зголемени концентрации на поголем број на компоненти кои најверојатно се продукт на класичните хидротермални системи, локализирани на поголеми длабочини. Од анализите на тешките метали се забележува дека сите се границите на нормални вредности. Посебно внимание заслужуваат зголемените содржини на Sr, Se и As.

Прогнозниот модел на геотермалниот систем Здравевци, направен врз основа на нашите досегашни знаења за литостратиграфска и структурно-геолошка градба на овој простор, треба да се сфати како компилација на сите досегашни сознанија на повеќе автори и да послужи како основа за конципирање на идните сеопфатени подетални истражувања.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Геоинститут – Београд (1972): Кратовско – злетовска вулканска област – Истраженост и перепективност. Стр. Фон на Геоинститута Београд.
- [2] Георгиев, Д., (1989): *Извештај за геотермалните истражувања Тополовик – Филиповци – Кратово*. РИК Силекс – Кратово.
- [3] Георгиева, М., Георгиев, Д., Ристовски, В., (1990): *Значајот на палеогеотермалните појави во истражувањето на геотермалните води на примерот на Повишница – Кратово*. XII конгрес на геолозите на Југославија. Охрид.
- [4] Георгиева, М., (1995): *Геотермални ресурси во Вардарската зона и Српско – Македонската маса на територијата на Македонија*. Универзитет Св. Кирил и Методиј – Скопје, Рударско – геолошки факултет Штип. Докторска дисертација.
- [5] Христов, С., Карајовановиќ, М., 1976: *Основна геолошка карта на СФРЈ 1 : 100 000 за листот Кратово*. Фонд на Геолошки Завод – Скопје.
- [6] Котевски, Ѓ., (1987): *Хидрогеологија на минералните и термоминералните води во територијата на СРМ*. Самоуправна практика, Скопје.
- [7] Ракиќ, С., Мицевски, Е., Столиќ, Н., 1993: *Елаборат за досегасните геотермални истражувања на теренот западно до Кратово (геотермален систем Здравевци) со пресметка на резервите на хидротермалните флуиди*. Стручен фонд РИК “Силекс” – Кратово
- [8] Ракиќ, С., Мицевски, Е., Столиќ, Н., 1993: *Елаборат за досегасните геотермални ресурси во Република Македонија. Геотермална енергија: Состојби и перспективи во Република Македонија*. МАНУ. Ед. К. Поповски, Скопје.
- [9] Ракиќ, С., Ѓорѓевиќ, Н., Столиќ, Н., 1995: *Геотермална потенцијалност на Кратовско-Злетовската вулканска област. Геотермална енергија: состојба и перспективи во Република Македонија*. МАНУ. Ед. К. Поповски.
- [10] Rakic, S., Stojanov, R., Stolic, N., (1996): *Magmatizam and Geothermal Energys of the Kratovo – Zletovo Volcanic Area. The Formation of the Geologic Framework of Serbia and trhe Adjanced Regiony*. Edd. Facilts of Mining and Geology, Belgrade.
- [11] Ракиќ, С., Мицевски, Е., (1990): *Термоминералне воде код Кратова у СР Македонији*. XII конгрес на геолозите на Југославија, Охрид. Книга IV.
- [12] Ракиќ, С., Столиќ, Н., 2002: *Геотермален систем Здравевци-Кратовско. Можни температури во колекторот и грејното тело и перспектива на истражување по длабочина*. Работилница со меѓународно учество.
- [13] Спасовски, О., и др. (2003): *Нови податоци за хемискиот состав на термоминералната вода од геотермалниот систем Здравевци – Кратовско. Второ советување за геотермална енергија во Република Македонија*.
- [14] Stolic, N., (1997): *“Plutonites in the Kratovo – Zletovo Volvanic Area, Cause of geophysical Anomalies”*. Magmatism, Metamorfizam and Metalogeny of the Vardar zone and Serbo – Macedonian Massif. Dojran – Stip.
- [15] Вучиќ, Д., (1989) *Извештај за геоелектричните испитувања на термоминералната вода "Здравевци" – Кратово*. Стручен фонд на РИК "Силекс" – Кратово.