



Osnovano 1960.

# voda I SANITARNA TEHNIKA

ČASOPIS UDRUŽENJA ZA TEHNOLOGIJU VODE I SANITARNO INŽENJERSTVO • BEOGRAD

**WATER  
AND SANITARY  
TECHNOLOGY**

**ASSOCIATION FOR WATER  
TECHNOLOGY AND SANITARY  
ENGINEERING - BELGRADE**

godina XLVII  
januar-februar  
broj 1

YU ISSN 0350 - 5049  
UDK 628 + 624 + 626



UN WATER

**SVETSKI DAN VODAA**  
22. MART 2017.

**WORLD WATER DAY**  
22 MARCH 2017

**Za izdavača****Representative of the Publisher**

Boris Mičić, dipl. ing.

Predsednik Upravnog odbora Udruženja  
Chairman, Association's Board of Directors**Glavni i odgovorni urednik:****Editor-in-chief**

Prof. dr Slobodan Petković, dipl. ing.

**Redakcioni odbor:****Editorial Board**

Prof. dr Marko Ivetić, dipl. ing.

Prof. dr Mile Klačnja, dipl. ing.

Prof. dr Božo Dalmacija, dipl. ing.

Vladimir Taušanović, dipl. ing.

Momčilo Bikicki, dipl. ing.,

Dragana Milovanović, dipl. ing.

Prof. dr Ljubinka Rajaković, dipl. ing.

Prof. dr Rada Petrović, dipl. ing.

Dr Predag Uskoković, dipl. ing.

Prim. dr Tanja Knežević

Dr Nebojša Veljković, dipl. ing.

**Urednici:****Editors**

Miodrag Milovanović, dipl. ing.

Branislav Kujundžić, dipl. ing.

**Saradnici iz inostranstva:****International Associates**

Dr Branislav Petruševski - Holandija

Ivica Budiša, dipl. ing. - Austrija

Nikola Milojević, dipl. ing. - Nemačka

Dr Uroš Kranjc, dipl. ing. - Slovenija

**Redaktor poslovnih informacija****Business Information Editor**

Tomislav Slavković, dipl. ing.

**Redakcija / Office****UDRUŽENJE ZA TEHNOLOGIJU VODE I  
SANITARNO INŽENJERSTVO**

11000 BEOGRAD, Terazije 23/II/203

Tel: 011/244-22-28 • Fax: 011/244-11-93

011/344 89 04

office@utvsi.com • www.utvsi.com

YU ISSN 0350-5049  
UDK 628 + 624 + 626**voda****I SANITARNA TEHNIKA**ČASOPIS UDRUŽENJA ZA TEHNOLOGIJU VODE I SANITARNO INŽENJERSTVO - BEOGRAD  
MAGAZINE OF THE ASSOCIATION FOR WATER TECHNOLOGY AND SANITARY ENGINEERING - BELGRADE

broj 1/2017

SADRŽAJ

CONTENTS

**OSNOVNE KARAKTERISTIKE KIŠA JAKOG INTENZITETA NA TERITORIJI GRADA BEOGRADA  
CHARACTERIZATION OF HEAVY RAINFALL IN THE CITY OF BELGRADE**

• Stevan PROHASKA, Vladislava BARTOŠ DIVAC ..... 5

**FIZIČKO-HEMIJSKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA TERMOMINERALNIH  
VODA KLOKOT BANJE****PHYSICO-CHEMICAL AND HYDRO- GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THERMO-MINERAL  
WATER SPRINGS OF KLOKOT SPA**

• Milan BOŽOVIĆ, Zoran STEVANOVIĆ, Velibor ANDRIĆ ..... 19

**RAZVOJ I VALIDACIJA METODE ZA ODREĐIVANJE ODABRANIH ORGANOFOSFORNIH PESTICIDA  
U RAZLIČITIM VODENIM MATRIKSIMA PRIMENOM GC/MS TEHNIKE****DEVELOPMENT AND VALIDATION OF METHODS FOR DETERMINATION OF SELECTED  
ORGANOPHOSPHORUS PESTICIDES IN DIFFERENT AQUATIC MATRICES BY GC/MS**• Marijana KRAGULJ ISAKOVSKI, Jasmina AGBABA, Jelena  
MOLNAR JAZIĆ, Aleksandra TUBIĆ, Snežana MALETIĆ, Jelena  
TRICKOVIĆ, Božo DALMACIJA ..... 25**PERSPEKTIVE GEOTERMALNE ENERGIJE U REGIONU VOJVODINE SA ASPEKTA  
ŽIVOTNE SREDINE****PERSPECTIVES OF GEOTHERMAL ENERGY IN VOJVODINA REGION WITH THE ENVIRONMENTAL  
ASPECTS**• Saša S. ROGAN, Milka M. VIDOVIĆ, Vojin B. GORDANIĆ, Ivana S.  
TRAJKOVIĆ, Vladimir M. PETROVIĆ ..... 35**OSNOVE STANJA I ODRŽIVOG RAZVOJA DELATNOSTI BEOGRADSKJE KANALIZACIJE  
BASICS OF STATE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT ACTIVITY****OF BELGRADE SEWAGE**

• Siniša ANDRIĆ ..... 45

**UTICAJ URBANIZACIJE NA ZAGAĐENJE VODOTOKOVA - PRIMER GRADA KRALJEVA  
URBANIZATION IMPACT ON THE POLLUTION OF WATERCOURSES****- CASE STUDY CITY OF KRALJEVO**

• Marija JANKOVIĆ ..... 55

**PRIMJENA LAMELNIH TALOŽNIKA U PRIPREMI VODE ZA PIĆE****APPLICATION OF LAMELLED SETTLERS IN PREPARATION OF FRESH WATER**

• Slavko SEBASTIJANOVIĆ, Goran TOPIĆ, Rada ČEČAVAC ..... 63

**POSLOVNO-TEHNIČKE INFORMACIJE****TECHNICAL AND BUSINESS INFORMATION ..... 73****PODRŠKA USPEŠNOJ ORGANIZACIJI IZDAVANJA ČASOPISA****„VODA I SANITARNA TEHNIKA” ..... 76****POZIVI ZA SAVETOVANJA ..... 78****PROGRAMA RADA UDRUŽENJA ZA 2017. GODINU ..... 80****ZELENI RAZVOJNI CENTAR ..... 82****NAJNOVIJA TEHNOLOGIJA PREČISTAČA OTPADNIH VODA - DIVINITA SERBIA ..... 84**

UDK: 550.367(497.113)  
502.174.3(497.113)

Saša S. ROGAN<sup>1</sup>, Dr Milka M. VIDOVIĆ<sup>1</sup>, Vojin B. GORDANIĆ<sup>2</sup>,  
Ivana S. TRAJKOVIĆ<sup>1</sup>, Vladimir M. PETROVIĆ<sup>1</sup>



## PERSPEKTIVE GEOTERMALNE ENERGIJE U REGIONU VOJVODINE SA ASPEKTA ŽIVOTNE SREDINE PERSPECTIVES OF GEOTHERMAL ENERGY IN VOJVODINA REGION WITH THE ENVIRONMENTAL ASPECTS

### REZIME

Na osnovu rezultata geoloških-geofizičkih istraživanja i strukturnih bušotina izdvojeno je perspektivno područje, sa aspekta korišćenja geotermalne energije, od značaja za razvoj turizma, poljoprivrednih objekata i ruralnih naselja područja Vojvodine. Istražni prostor obuhvata južni obod Panonske nizije. Mala debljina zemljine kore-litosfere svrstava Panonski basen, odnosno područje Vojvodine, među najperspektivnija geotermalna područja u Evropi. Imajući u vidu smanjenje rezervnih fosilnih goriva i uticaj gasova na globalno zagrevanje od značaja je korišćenje obnovljivih izvora - geotermalne energije.

Među glavnim faktorima koji utiču na zvaničnu procenu potencijala za korišćenje geotermalne energije su niske, konkurentne cene fosilnih goriva, neodgovarajuća zakonska regulativa kao i nedostatak finansija.

**Ključne reči:** geotermalna energija, banje, bušotine, geotermalni gradijent, životna sredina

### ABSTRACT

Based on the results of geological-geophysical surveys and structural drillings, the promising area was allocated, in terms of geothermal energy, which is important for the development of tourism, industrial and agricultural facilities in rural villages in Vojvodina. The exploration area includes the Southern edge of the Pannonian Basin. Small thickness of the earth's crust-lithosphere places the Pannonian basin, among the most promising geothermal areas in Europe. The use of renewable energy sources - geothermal energy is of the importance, regarding to the reduction in reserve of fossil fuels and the impact of emissions on the global warming.

Among the main factors which are affecting the formal assessment of the potential for geothermal energy are low competitive prices of fossil fuels, inadequate legislation and a lack of finance.

**Keywords:** geothermal energy, spas, wells, geothermal gradient, environment

### UVOD

Energetski izvori u prirodi se nalaze u obliku fosilnih goriva i obnovljivih izvora. S obzirom da je moderna ekonomija energetski zavisna, svaka država postavlja sebi zadatak na godišnjem nivou, da proizvede i utroši određenu količinu energije. Taj određeni utrošak je u konstantnom porastu dok sa druge strane rezerve fosilnih goriva su u stalnom padu. Sa povećanjem svesti opasnih efekata, koji fosilna goriva imaju na životnu sredinu, povećava se potreba za upotrebu obnovljivih izvora energije kao što je geotermalna.

Sadašnja energetska strategija Srbije ne tretira geo-

### INTRODUCTION

Energy sources in the nature are found in the form of fossil fuels and renewable resources. The modern economy is energy dependent. Annually, each country is setting the task of producing and exploiting a certain amount of energy. This consumption of energy is constantly increasing, while the other fossil fuel reserves are steadily declining. With the uprising awareness of the dangerous effects that fossil fuels have on the environment, the need for the use of renewable energy sources such as geothermal is increasing.

Actual energy strategy of Serbia doesn't treat geothermal energy as important and significant resource,

Saša S. ROGAN<sup>1</sup>, Dr Milka M. VIDOVIĆ<sup>1</sup>, Vojin B. GORDANIĆ<sup>2</sup>, Ivana S. TRAJKOVIĆ<sup>1</sup>, Vladimir M. PETROVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Centar za ekologiju i tehnoekonomiku, Njegoseva 12, 11001 Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Geo-science d.o.o., Kosovska 18, 11001 Beograd, Srbija

<sup>1</sup>University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Center of Ecology and Technoeconomics, Njegoseva 12, 11001 Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>Geo-science d.o.o., Kosovska 18, 11001 Belgrade, Serbia



termalnu energiju kao važan i značajan resurs koji je nekoliko puta veći od ukupnih rezervi uglja u Srbiji i koji je prisutan na svakom mestu u svakom trenutku.

U Srbiji se geotermalna energija koristi samo iz geotermalnih-mineralnih voda, uglavnom na tradicionalan način, najviše u balneološke i sportsko-rekreativne svrhe. Korišćenje geotermalne energije za grejanje i druge energetske svrhe je u početnoj fazi i veoma skromno u odnosu na potencijal geotermalnih resursa. Istraživanja su pokazala da Srbija po geotermalnom potencijalu spada u bogatije zemlje. Ona se danas simbolično koristi samo sa 86 MW [9].

**Tabela 1.** Stanje korišćenja hidrogeotermalne energije u Srbiji po vrsti primene [9]

Vrsta primene	Instalisana toplotna snaga MW	Proizvedena toplota TJ/godina
Zagrevanje prostorija (direktno korišćenje)	18,5	575
Balneologija i rekreacija	36,0	1,150
Privreda	19,5	610
Zagrevanje sa toplotnim pumpama	12,0	80
Ukupno	86,0	2,415

Promovisanjem ideje održivog razvoja kroz Agendu 21, teži se racionalnim korišćenjem energetske resursa a da pritom omogućimo naredim generacijama korišćenje istih. Potrebno je podizanje svesti održivog razvoja svih učesnika u prostoru, na različitim nivoima odlučivanja, kao i sprovođenja ideja u delo.

Povoljni geološki uslovi predstavljaju osnovni faktor (geološka struktura, termalne karakteristike i hemijski sastav vodene pare i vode; obilje prirodne vode, veličina, položaj i dubina toplotnih rezervi, izdani i stena Zemljine kore), od kojih zavisi uslovi korišćenja geotermalna energija.

Srbija je poznata po velikom broju termomineralnih izvora, čak i u Evropskoj proporciji. Međutim, samo bogatstvo ovih resursa nije dovoljno da se svi potencijali banja i klimatskih mesta upotrebljavaju racionalno. Mineralna voda, u najširem smislu te reči, uvek privlači pažnju šireg kruga istraživača i korisnika. Ove vode imaju najdužu tradiciju koja je još uvek u istraživanju i kao takve koriste se u balneologiji, i to je razlog zašto su one tretirane kao lekovite vode. U tom smislu, u prvoj i drugoj polovini 20. veka one su dostigle visok nivo razvoja.

Shvatanje da se energija vadi samo u obliku uglja, nafte i gasa i da se proizvodi u termoelektranama i hidrocentralama je dominantni razlog zbog kojeg najprisutnija i najdostupnija geotermalna energija ostaje skrivena i neiskorišćena. Stanovništvo Srbije je tokom dugog perioda držano u svojevrsnoj zabludi

which is couple of times bigger than coal reserves of Serbia, and also present in every part of the country.

In Serbia, geothermal energy is used from geothermal and mineral water, mainly in the traditional way, as for the balneology and recreation. The use of geothermal energy for heating and other energy production is at an early stage and very modest compared to the potential of geothermal resources. Studies have shown that Serbia is one of the richest countries according to its geothermal potential, but today only 86 MW is used [9].

**Table 1.** Conditions of using hydropower in Serbia by type of application [9]

Application Type	Installed thermal power MW	Heat generated TJ / year
Space heating (direct use)	18,5	575
Balneology and recreation	36,0	1,150
Economy	19,5	610
Warming up with heat pumps	12,0	80
Total	86,0	2,415

Promoting the concept of sustainable development through Agenda 21 has a tendency to rationalize the use of the energy resources, in order to enable their use for the future generations. It is necessary to raise awareness for sustainable development of all participants, at different levels of decision-making, as well as turning ideas into action.

Favorable geological conditions are the main factor (geological structure, thermal properties and chemical composition of water vapor and water, abundance of natural water, the size, location and depth of the thermal reserve, springs and rocks of the crust) which determine the terms of use of geothermal energy.

Serbia is known for a large number of thermomineral springs, even in European proportions. However, a wealth of resources is not enough to get all potentials of spas and resorts to be used rationally. Mineral water, in the broadest sense of the word, always attracts the attention of a wider range of researchers and users. These waters have the longest tradition that is still in the research and as such are used in balneology. In this regard, in the 20th century they achieved a high level of development.

Understanding that the energy is only extracted in the form of coal, oil and gas and that it's only produced in thermal and hydro power stations is the main reason why the most present and the most accessible geothermal energy remains hidden and unused. For a long period of time the population in Serbia

da se pod pojmom geotermalna energija podrazumevaju izvori u kojima je temperatura vode veća od 45°C. Međutim, pod geotermalnom energijom podrazumeva se energija koja može da se preuzme iz vode, zemljišta i stena čija temperatura prelazi 10°C [6].

Tehnološki razvoj je još sedamdesetih godina omogućio efikasno korišćenje niskotemperaturne geotermalne energije posredstvom toplotnih pumpi. U tom periodu se i u Jugoslaviji, korišćenjem domaće opreme prilično velikih snaga, radilo na povećanju energetske efikasnosti i snižavanju troškova grejanja u našim banjama. Međutim u našim uslovima, preko 50% proizvedene električne energije troši se u zgradama za stanovanje, prvenstveno za zagrevanje prostora i sanitarne vode, za šta se efikasno može koristiti geotermalna energija. U tom slučaju, veći deo naših proizvodnih električnih kapaciteta može se usmeriti ka izvozu električne energije.

Prva sistematska i organizovana istraživanja termomineralne vode u Vojvodini počela su 1969, kada je "Naftagas" iz Novog Sada na predlog Pokrajinskog komiteta Energetike prihvatio programiranje, finansiranje i realizaciju projekta za istraživanje i korišćenje termomineralnih voda u Vojvodini. Prvo istraživanje rodila prema ovom projektu bio je obavlja u Subotici u 1969. Do kraja 1998, 73 hidroelektrana termalne bušotine sa 62847 mhave bušenih. Najveći broj bušotina je bušenih u Bačkoj (42), zatim u Banatu (18), a najmanji broj u Sremu (13).

## MATERIJAL I REZULTATI

Geotermalna energija se sadrži u Zemljinoj kori i to u stenama, podzemnoj vodi, podzemnoj vodenoj pari i magmi. U zavisnosti od sredine u kojoj se nalazi geotermalna energija se naziva hidrogeotermalnom, petrogeotermalnom i magmogeotermalnom. Hidrogeotermalna energija je akumulirana u podzemnim termalnim vodama čija je temperatura veća od 10°C. Petrogeotermalna energija je sadržana u suvim stenama koje ne sadrže slobodnu podzemnu vodu. Magma-geotermalna energija je akumulirana u usijanoj magmi i eksperimenti za njenu eksploataciju se uspešno provode<sup>(3)</sup>.

Potencijal geotermalne energije određene oblasti može se prikazati gustinom geotermalnog toplotnog toka (količina geotermalne toplote koja u svakoj sekundi kroz površinu od 1 m<sup>2</sup> iz unutrašnjosti Zemlje dolazi do njene površine). Prosečne vrednosti u Evropi su oko 60 mW/m<sup>2</sup>, dok su u Srbiji ove vrednosti znatno veće- preko 100 mW/m<sup>2</sup>. Tereni u Srbiji izgrađeni su od tvrdih stena i zbog tako povoljnih hidrogeoloških i geotermalnih karakteristika u Srbiji se nalazi oko 160 izvora geotermalnih voda sa temperaturom većom od 15°C. Najtopliji su izvori u Vranjskoj Banji gde temperatura iznosi do 96°C.

U Vojvodini postoje i 62 veštačka geotermalna izvo-

was lead to believe that the term geothermal energy includes only sources of water above 45°C. However, geothermal energy means energy that can be taken from water, soil and rock whose temperature exceeds 10°C [6].

Technological advances have enabled the use of low temperature geothermal energy through heat pumps back in the 1970s. During this period in Yugoslavia work was being done to increase energy efficiency and lower heating costs in our spas through use of domestic equipment of fairly large power. However, in our conditions, over 50% of produced energy is consumed by apartment buildings, primarily for space heating and hot water, for which we can efficiently use geothermal energy. In this case, most of our electric generating capacity can be directed towards the export of electricity.

The first systematic and organized study of thermal waters in Vojvodina began in 1969, when the "NAFTAGAS" from Novi Sad, on the proposal of the Provincial Committee of Energy, accepted programming, funding and implementation of the project for the research and exploitation of thermomineral waters in Vojvodina. The first study of the project was carried out in Subotica in 1969. The majority of the wells were drilled in Backa (42 boreholes), then in Banat (18 boreholes), and the smallest number in Srem (13 boreholes).

## MATERIAL AND RESULTS

Geothermal energy is contained in the Earth's crust and in rocks, underground water, water vapor and underground magma. Depending on the environment in which the geothermal energy is stored, it is called hydro geothermal, petro geothermal and magma geothermal. Hydro-geothermal energy is stored in the underground thermal waters whose temperature is higher than 10°C. Its exploitation is done through springs and boreholes. Petro-geothermal energy is contained in the dry rocks that contain no free water particles. In recent years commercial production of electricity from power plants that use hot rocks has started. For this application it's necessary that the rock temperature exceeds 100°C. Magma-geothermal energy is accumulated in the red-hot magma and experiments for its exploitation have been successfully implemented [7].

Geothermal energy potential of a particular area can be displayed through geothermal heat flow density (the amount of geothermal heat that is coming from inside the Earth to its surface every second through an area of 1 m<sup>2</sup>). Average values in Europe are about 60 MW/m<sup>2</sup>, while in Serbia these values are much higher: more than 100 MW/m<sup>2</sup>. Lands in Serbia are built from hard rocks and because of such favorable hydro-geological and geothermal features; there are about 160 geothermal springs with temperatu-



ra (bušotine) ukupne izdašnosti od 550 l/s i toplotne snage od oko 50 MW. U delu Srbije južno od Save i Dunava nalazi se još 48 bušotina sa procenjenom snagom od 108 MW.

Područje Vojvodine, jugo-istočnog dela Panonskog basena, u pogledu geoloških i geotermalnih karakteristika, ima sva obeležja specifične geotektonske jedinice. Među geološkim karakteristikama, kao specifično obeležje na području Vojvodine, pre svega treba istaći malu debljinu kore, koja iznosi od 25,5 km do 29 km, i litosfere čija se debljina kreće u granicama od 60 km do 100 km. Najmanja anomalna debljina kore od 25,5 km do 26 km, registrovana je na potezu koji se pruža pravcem JZ-SI, od Ripnja kod Beograda, preko Uljme, do Vršca i dalje prema Rumuniji. Mala debljina kore i litosfere, kao posledica raznih geodinamičkih pokreta, koji su se odigrali pre oko 23 do 10 miliona godina, tokom donjeg i srednjeg miocena, svrstavaju Panonski basen, a samim tim i područje Vojvodine, među najperspektivnija geotermalna područja u Evropi. Na povoljnije geotermalne karakteristike Vojvodine ukazuju i prosečne vrednosti geotermalnog gradijenta i terestričkog toplotnog toka, koje su znatno veće od karakterističnih vrednosti istih parametara za evropski kontinent u celini.

Geotermalni gradijent na području Vojvodine određen je na osnovu podataka o izmerenim temperaturama u 73 hidrogeotermalnih bušotina i u 126 bušotina izbušenih za potrebe istraživanja nafte i gasa. Reprezentativni podaci su iskorišćeni za određivanje realnih vrednosti temperatura na dubinama 500, 1000 i 2000 m. Temperature na dubini od 500 m na području Vojvodine varira u rasponu od 34,2°C do 43,6°C, u proseku 38,2°C. Najviše temperature su registrovane na širem području Subotice i Kupinova, a najniže na širem području Uljme. Temperature na dubini od 1000 m izračunata je na osnovu inter i ekstrapolacije podataka iz već napred pomenutih bušotina. Temperatura na dubini od 1000 m varira u rasponu od 57,5°C do 73,5°C. Najviše temperature su registrovane na području Prigrevice i one iznose 73,5°C. U području Kupinova temperatura na 1000 m iznosi 71,5°C. Temperatura na dubini od 2000 m. Temperatura na dubini od 2000 m varira u rasponu od 95°C do 120°C. Najviše temperature, preko 118°C su registrovane na području Prigrevice i one iznose 73,5°C. U području Kupinova temperatura na 1000 m iznosi 71,5°C<sup>(4)</sup>.

Na osnovu dobijenih vrednosti izračunati su geotermni gradijenti koji se razlikuju po dubini, tako za interval od 0 m do 500 m iznosi 0,056°C/m, a od 1000 do 2000 m iznosi 0,050°C/m. Prosečna vrednost temperaturnog gradijenta (u intervalu od 0 m do 2000 m) za celu Vojvodinu iznosi 0,0526°C/m, što je znatno veće od prosečne vrednosti za kontinentalni deo Evropa, koji iznosi oko 0,03°C/m. Najviše prosečne vrednosti temperaturnog gradijenta u Vojvodini utvrđene su na području severne Bačke, preko

res above 15°C. The hottest springs are in Vranje Spa where the temperature is 96°C.

In Vojvodina, there are 62 artificial geothermal sources (wells) with the total yield of 550 l/s and thermal power of 50 MW. In Serbia south of the Sava and Danube there are another 48 wells with an estimated capacity of 108 MW.

The area of Vojvodina, south-eastern part of Pannonian basin and the area of geothermal characteristics have all the features of a specific geothermal unit. Among the geological characteristics as a specific feature in the Vojvodina area primarily we should point out small thickness of the crust which is 25,5 km to 29 km and lithosphere which is within the boundaries from 60 km to 100 km. The smallest anomaly thickness of the crust from 25,5 km to 26 km was registered in the area which stretches in southwest and northeast direction from Ripanj to Belgrade across Uljma to Vršac and further towards Romania. Small thickness of the crust and lithosphere, as a consequence of various geodynamic movements which happened about 23 to 10 million years ago during Early and Middle Miocene, classifies the Pannonian basin and the area of Vojvodina among the most promising geothermal units in Europe. Favorable geothermal characteristics of Vojvodina are indicated by average values of geothermal gradient and terrestrial heat flow which are significantly higher than the characteristic values of the same parameters for the entire European continent.

Geothermal gradient in the area of Vojvodina is determined on the basis of the data on measured temperatures in 73 hydrogeothermal boreholes and 126 boreholes drilled for the purpose of oil and gas exploration. Representative samples were used for determining the real temperature values at 500 m, 1000 m and 2000 m depth. Temperatures at 500 m depth in the area of Vojvodina vary within the range from 34,2°C to 43,6°C and the average is 38,2°C. The highest temperatures were registered in the wider area of Subotica and Kupinovo and the lowest in the wider area of Uljma. Temperatures at a depth of 1000 m were calculated on the basis of inter and extrapolation of the data from already mentioned boreholes. Temperature at 1000 m depth varies within the range from 57,5°C to 73,5°C. The highest temperatures were registered in the area of Prigrevica and they are 72,5°C. In the area of Kupinovo temperature at 1000 m depth is 71,5°C. Temperature at a depth of 2000 m varies within the range from 95°C to 120°C. The highest temperatures over 118°C were registered in the area of Prigrevica and the lowest (below 96°C) in the wider area of Indjija. In the Kupinovo area temperature at 1000 m depth is 71,5°C [3].

On the basis of the obtained values, geothermal gradients which are different by depth were calculated so for the interval from 0 m to 500 m their value is 0,056°C/m and from 1000 m to 2000 m their value is 0,050°C/m. Average value of a temperature gradient (within the interval from 0 m to 2000 m) for the entire Vojvodina is 0,0526°C/m which is significantly higher than the average value for the continental part of Europe which is 0,03°C/m. The highest average values of a temperature

0,062°C/m a najniže na području jugoistočnog Banata, ispod 0,046°C/m [7].

Gustina terestičkog toplotnog toka na području Vojvodine određena je na osnovu prosečnog geotermiskog gradijenta i prosečne toplotne provodljivosti sedimenata na lokacijama hidrogeotermalnih bušotina, koji iznose 1,6 W/m °K za gline i lapore, odnosno 2,8 W/m °K za krečnjake, peščare, laporce i glinice i vrlo su slične onima koje su korišćene u susednoj Mađarskoj. Toplotni tok varira u rasponu od 83 mW/m<sup>2</sup> do 111 mW/m<sup>2</sup>. Najniže vrednosti toplotnog toka utvrđene su za područje južnog Banata- šira okolina Uljme, a najviše vrednosti na području Subotice.

Ovi podaci ukazuju na veliki potencijal za eksploataciju geotermalne energije u našoj zemlji, koji je trenutno gotovo u potpunosti neostvaren.

## Ekološki značaj geotermalnih voda

Kvalitativni i ekološki efekti korišćenja termalnih voda odnose se na obogaćenost poljoprivrednih proizvoda mineralnim materijama što je istovremeno preduslov ostvarivanja ekoloških ciljeva odnosno proizvodnje zdrave hrane. Zalivanje useva termomineralnom vodom sve je prisutnije u proizvodnji hrane koja ima visoko energetske zahteve. Esencijalni mikroelementi i druge mineralne materije i hranljivi sastojci nalaze se u dubljim termalnim vodama, u rastvorenom i jonском obliku [3,8].

U proizvodnji hrane koja ima visoke energetske zahteve, sve je prisutnije zalivanje useva termomineralnom vodom. Obradivo zemljište je najčešće siromašno esencijalnim mikroelementima i drugim mineralnim materijama kojih nema u površinskim i plitkim podzemnim vodama. U dubljim termomineralnim vodama mineralne materije se nalaze u rastvorenom i jonском obliku. Iskustva su pokazala da termomineralna voda povoljno utiče na rast i razvoj biljaka.

Hidrogeotermalna energija, kao najjeftiniji energent, može se intenzivno koristiti za biljnu proizvodnju (povrće, cveće, rasade, baštinske sadnice) u staklenicima. Staklenička proizvodnja je zimi, usled velike potrošnje fosilnih goriva, nerentabilna i skupa. Upotrebom hidrotermalne energije smanjili bi se troškovi proizvodnje i omogućio celogodišnji rad staklenika [2].

Hidrogeotermalna energija može se koristiti direktno kao toplotna i indirektno kao mehanička ili električna. Termalne vode se mogu koristiti za potrebe balneologije, sporta i rekreacije, za zagrevanje prostora, u poljoprivredi i akvakulturi, industriji, tehnologiji i proizvodnji električne energije.

Brojni wellness centri u Evropi predstavljaju dobre primere polifunkcionalnog korišćenja termomineralnih voda. Prema evidenciji Francuske turističke orga-

gradient were determined in the area of northern Bačka over 0,062°C/m and the lowest in the area of south-eastern Banat below 0,042°C/m [7].

Density of a terrestrial heat flow in the area of Vojvodina was determined on the basis of an average temperature gradient and average heat conductivity of sediments at locations of hydrogeothermal boreholes and its values are 1,6W/m°K for clay and marl, that is 2,8 W/m°K for limestones, sandstones marl and clay and they are very similar to the ones used in neighboring Hungary.

The heat flow varies within the range from 83 mW/m<sup>2</sup> to 111mW/m<sup>2</sup>. The lowest values of a heat flow were determined in the area of southern Banat-wider surrounding of Uljma and the highest in the area of Subotica. These data show great potential for exploitation of geothermal energy in our country, which is still unfulfilled.

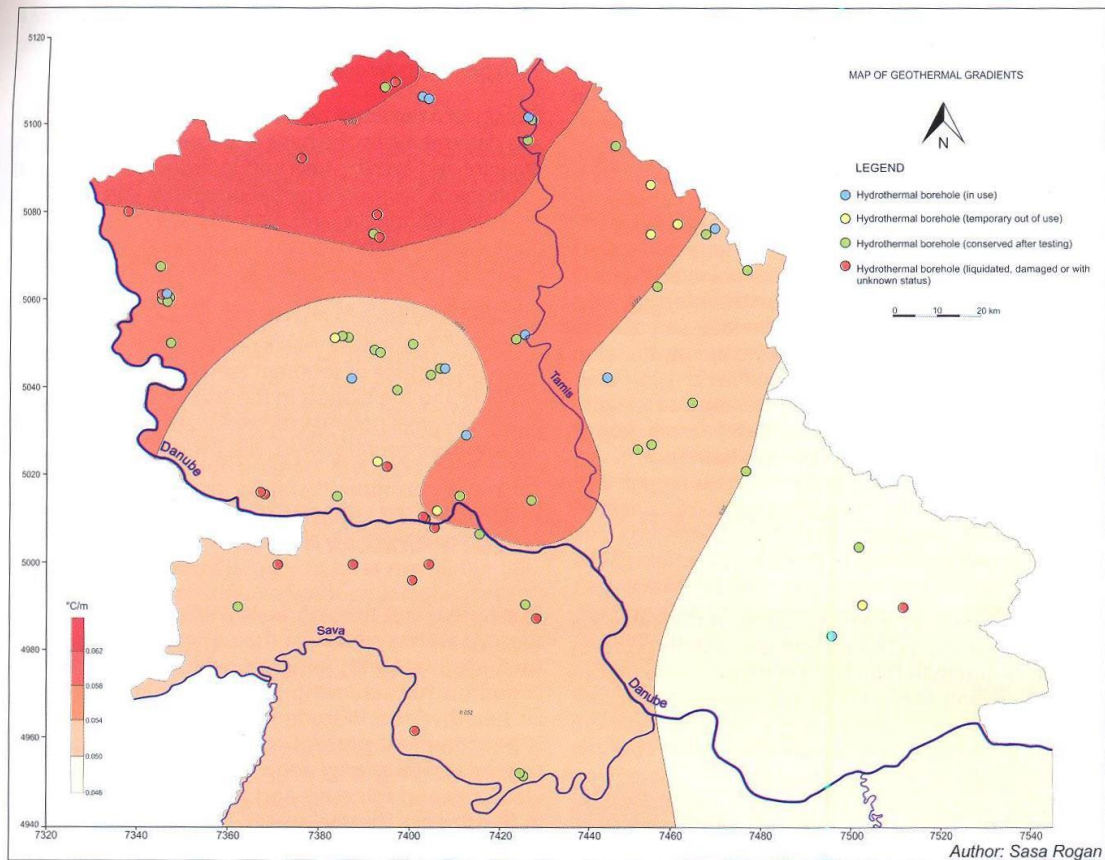
## ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF GEOTHERMAL WATERS

Qualitative and environmental effects of the use of thermal waters relates to the enrichment of agricultural products with minerals, which is also the precondition for achieving environmental objectives, i.e. healthy food. Watering crops with mineral water is becoming all present in the production of food that has high energy requirements. Essential trace elements and minerals and nutrients can be found in the deeper thermal water, in dissolved and ionic form [3,8].

Use of thermo-mineral water in the production of food that has higher energy demands is increasing. Arable land is usually poor in essential trace elements and other minerals not found in surface water and shallow groundwater. In deeper thermo-mineral waters, minerals are dissolved in the ionic form. Experience has shown that mineral water has positive effect on plant growth and development. Hydro-geothermal energy as the most economical source of energy that can be used for crop production (vegetables, flowers, nursery plants, heritage trees) in greenhouses. Greenhouse production in the winter is unprofitable and expensive due to the high consumption of fossil fuels. The use of hydrothermal energy would reduce production costs and provide year-round work of the greenhouse [2].

Hydro-geothermal energy can be used directly as heat or indirectly as a mechanical or electrical energy. Thermal water can be used for balneology, sports and recreation, space heating, agriculture and aquaculture, industry, technology and power generation.

Many wellness centers in Europe are good examples of multi-functional use of thermal waters. According to the records of the French Tourism Organization wellness programs for healthy people are pushing the classical treatment for the sick, which confirms



**Slika 1.** Geotermalna mapa Vojvodine (Rogan S., SGEM 2013. [7])  
**Figure 1.** Geochemical map of Vojvodina region (Rogan S., SGEM 2013. [7])

nizacije wellness programi namenjeni zdravim osobama potiskuju klasične tretmane namenjene bolesnim osobama, što potvrđuje komplementarnost zdravstveno-lečilišne i turističko-rekreativne funkcije banjskih centara [4].

Banje u hidrogeološkom i geotermalnom, odnosno hidrotermalnom smislu predstavljaju lokalitete gde se vrši eksploatacija termalnih voda, i gde se one koriste u cilju lečenja i oporavka ljudskog organizma. Pojave toplotne vode zapravo predstavlja hidrotermalne pojave koje mogu biti prirodne, kao što su izvori ili veštačke, kao što su bušotine sa termalnom vodom. Banje neizbežno predstavljaju veliko prirodno bogatstvo sa višekratnom mogućnošću njihove eksploatacije, a jedan od njih svakako je i banjski turizam.

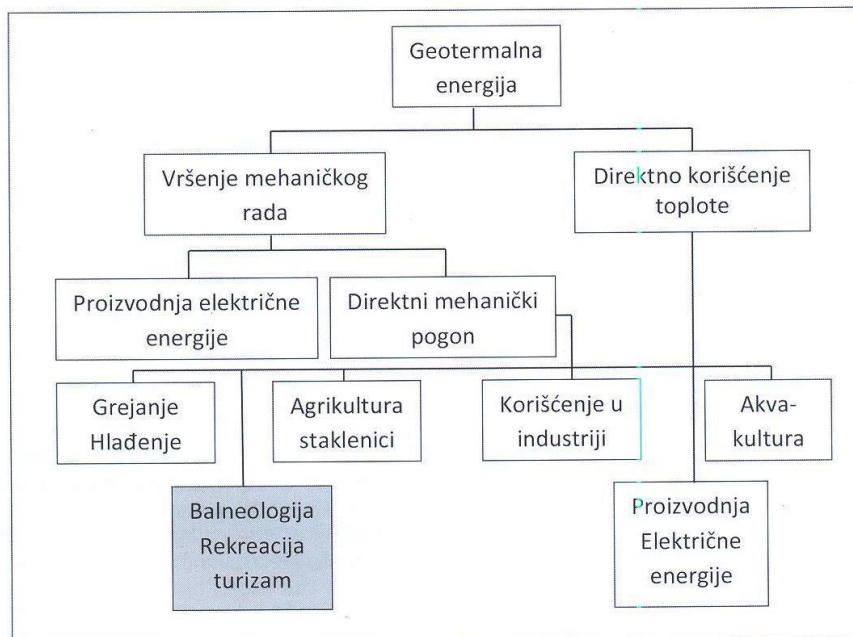
Temperature termomineralnih voda u Vojvodini merene na ušću hidrotermalne bušotine uglavnom se kreću između 45 i 65°C, uz maksimalne izmerene vrednosti od 82°C u odnosu na naftne bunare gde su izmerene temperature koje se kreću i do 160°C. Voda sa maksimalnom temperaturom od 64°C se koristi u banjama u Bačkoj, delu AP Vojvodine. Prema potrošačima geotermalne vode u Vojvodini delimo na balneološke-rehabilitacione centre i one koji koriste

the complementarity of health and wellness with tourist and recreational functions of spa resorts [4].

Spas in hydro-geological and geothermal or hydrothermal terms represent locations where the exploitation of thermal waters takes place, and where they are used in the treatment and recovery of the human body. Occurrence of thermal water is actually a hydrothermal phenomenon and can be natural, such as springs or artificial, such as wells with thermal water. Spas necessarily represent the great natural wealth with the long-term possibility of their exploitation, and one of them is definitely the spa tourism.

Temperature of thermal waters in measured at the mouth of the hydrothermal borehole is mostly between 45 and 65°C, with a maximum measured value of 82°C in comparison to the oil wells where temperatures range up to 160°C. Water with a maximum temperature of 64°C is used in spas in Backa, part of Vojvodina. Geothermal water in Vojvodina can be classified in two groups: balneological rehabilitation centers and those who use thermal water for technological purposes. The first groups of consumers are those who fulfill their needs throughout the year for treatment and recreation, and the rest of the water





**Slika 2.** Shema korišćenja geotermalne energije (Tasković, 2004.)  
**Figure 2.** Sheme of use of geothermal energy (Tasković, 2004.)

termalne vode u tehnološke svrhe. Prva grupa čine potrošači koji ostvaruju svoje potrebe tokom cele godine na lečenje i rekreaciju, odnosno ostatak vode koriste za zagrevanje objekata. Druga grupa potrošača čini veliku grupu sezonskih korisnika koji koriste vodu za grejanje u zimskim mesecima, odnosno za sport i rekreaciju u letnjim mesecima. Tipični predstavnici ove grupe potrošači su otvoreni rekreativni bazeni na termalnim hidro sistema u Temerinu (Te - 1/H) i na Paliću (PJ - 1/H).

Jedna od mogućnosti korišćenja termalnih resursa je toplifikacija naselja. Hidrogeotermalna energija ne koristi se za zagrevanje naselja, i pored toga što region Vojvodine predstavlja najperspektivniju geotermalnu regiju Srbije.

Komunalni sistem grejanja zahteva velika investiciona ulaganja, koja u današnjim otežanim uslovima privredivanja i nedostatka obrtnih sredstava, predstavljaju ograničavajući faktor korišćenja. Za potrebe direktnog zagrevanja neophodna je najmanja temperatura vode od 70°C. Upotrebom toplotnih pumpi za dogrevanje moguće je iskorišćavanje termalnih voda nižih temperatura. Iskustva u drugim zemljama, koja imaju dugu tradiciju korišćenja ovih resursa, pokazuju da se uložene investicije mogu amortizovati od šest do osam godina, kroz uštedu u ceni potrebnih goriva.

Brojne su mogućnosti korišćenja geotermalnih voda u industriji, u zavisnosti od tipa raspoložive geotermalne vode i potrebne temperature. One se mogu koristiti za: sušenje, isparavanje, destilaciju, hlađenje, pečenje, pranje i bojenje, procesno zagrevanje i gre-

is used for heating of buildings. The second group is a seasonal group of users who use the water for heating in the winter months, or for sport and recreation in the summer months. Typical representatives of this group of consumers are open recreational pools of thermal power systems in Temerin (Te - 1/H) and in Palic (PJ - 1/H).

Heating of settlements is possibility of use of thermal resources. Despite the fact that the region of Vojvodina is the most promising geothermal region of Serbia, hydro-geothermal energy is not used for this purpose.

Communal heating system requires large investments, which in today's harsh economic conditions and lack of current assets, is a limiting factor.. For direct heating, a minimum temperature of 70°C is required. With the use of heat pumps for reheating, it's possible to use the thermal waters with lower temperature. Experience in other countries, which have a long tradition in using these resources, show that the investments made may depreciate in six to eight years, through savings in fuel cost required.

There are many possibilities of using geothermal water in industry, depending on the type of geothermal water and temperature required. They can be used in drying, evaporation, distillation, cooling, cooking, washing and dyeing, process heating and heating of industrial buildings. Drying with hot water is widely used in the industry. Agricultural products (vegetables, grains and seeds), medicinal plants, river and sea products, wood and others can be dried by the



janje industrijskih objekata. Naročito široku primenu u industriji ima sušenje pomoću tople vode. Zagrejanim vazduhom mogu se sušiti poljoprivredni proizvodi (povrće, žitarice, semenje), lekovito bilje, rečni i morski produkti, drvo i dr. Pranje i bojenje se najviše primenjuju u tekstilnoj industriji (vuna i vunene tkanine). Prerada kože i krzna takođe se ostvaruje korišćenjem geotermalnih voda[1].

## BUŠOTINE I TOPOTNE PUMPE

Eksploatacija geotermalne energije iz bušotina je nešto skuplja ali kada se uzmu u obzir dugovečnost takvog energetskeg izvora, supstitucija fosilnih goriva i očuvanje prirode, onda je korist velika za investitora, za lokalnu zajednicu i za državu u celini. Bitno je samo da sve tri strane vide svoju korist i da se angažuju na realizaciji svakog takvog projekta.

Toplotne pumpe su rashladne mašine koje prenose toplotnu energiju iz jednog prostora u drugi tako što jedan prostor rashlađuju, a drugi prostor zagrevaju. Da bi se ostvario prenos toplotne energije potrebno je da se uloži određena, najčešće, električna energija za rad kompresora. Glavni razlog za primenu toplotnih pumpi leži u njihovoj efikasnosti: za prenos toplotne energije troši se samo 20-30% prenete energije. Naime, toplotna pumpa potroši 1 kWh električne energije za prenos toplotne energije od 3-4 kWh. Ako se toplotna energija koja se prenosi dobija besplatno, na primer, korišćenjem niskotemperaturne geotermalne energije (10-20°C), višestruko se smanjuje cena dobijene energije za korisnika.

Klimatski uslovi u Srbiji su pogodni za primenu toplotnih pumpi. Pumpe u zimskom periodu rade u režimu grejanja, a leti u režimu hlađenja. Time se izbegava investicija u dodatnu opremu za hlađenje. Primenom toplotnih pumpi troškovi za grejanje se smanjuju i do 3 ili 4 puta. Ukoliko se toplotne pumpe koriste u kombinaciji sa podnim i zidnim grejanjem ostvaruje se termoakumulacioni efekat. Na taj način je omogućeno da se u velikom delu grejne sezone koristi električna energija po noćnoj tarifi čime se cena grejanja smanjuje još 3 do 5 puta. Grejanje pomoću toplotnih pumpi je jeftinije 9 do 16 puta u poređenju sa ekvivalentnim grejanjem na fosilna goriva, drvo ili električnu energiju u klasičnim kotlovima.

## ZAKLJUČAK

Trenutno stanje primene geotermalne energije u Srbiji je takvo da se u poslednjih petnaest godina skoro ništa nije uradilo. U narednom periodu od desetak godina primenom geotermalne energije može se obezbediti preko 10% potreba za toplotnom energijom uz najniže investicije u poređenju sa drugim izvorima energije. Cena ove investicije može u celosti da se obezbedi ulaganjem bez dodatnog zaduživanja države.

heated air. Washing and staining is most frequently used in the textile industry (wool and woolen cloth). Processing of fur and leather is also achieved by using of geothermal water [1].

## BOREHOLES AND HEAT PUMPS

Exploitation of geothermal energy by drilling is more expensive but when you consider the longevity of such energy sources, fossil fuel substitution and conservation of nature, it is a great advantage for investors, the local community and for the country as a whole. The important thing is that all three parties see their benefit and to engage in the implementation of any such project.

Heat pumps are cooling devices that can transfer heat from one space to another by a refrigerating one space and heating up another. In order to accomplish the transfer of thermal energy investments are required, usually electricity for the compressor. The main reason for the use of heat pumps is their efficiency: the transfer of heat energy is only 20-30% of the transferred energy. The heat pump consumes 1 kWh of electricity to transfer heat from 3-4 kWh. If the thermal energy that is transferred is free, for example, by using low-temperature geothermal energy (10-20°C), price of the energy for the user is significantly reduced.

Climate conditions in Serbia are suitable for the application of heat pumps. During the winter period, pumps work in the heating mode and on the other hand in cooling mode during the summer. In this way, the investment in additional equipment for cooling is avoided. By applying the heat pumps, heating costs can be reduced to 3 or 4 times. If the heat pumps are used together with under-floor and wall heating, thermal accumulation effect is achieved. In this way, using electricity per night rate in larger part of winter season can be also achieved, which reduces the cost of heating for additional 3 to 5 times. Heating with heat pumps is more economical to 9 to 16 times, compared with equivalent fossil fuel heating, wood or electricity in conventional boilers.

## CONCLUSION

The current state of application of geothermal energy in Serbia is such that in the last fifteen years, almost nothing has been done. In the period of ten years, using of geothermal energy can provide over 10% of heat demand at the lowest investment compared to other energy sources. The cost of this investment can be provided by investments without additional borrowing.

The increasing unpredictability of the price of energy generated from fossil fuels, environmental pollution, as well as harmonization with the legislation of Euro-

Sve veća nepredvidivost cene energije dobijene iz fosilnih goriva, zagađenje životne sredine, kao i usklađivanje sa zakonodavstvom Evropske unije apeluje na hitnost uspostavljanja koherentne politike države u ovom polju i integrisanje mera za stimulaciju korišćenja geotermalne energije u energetska strategiju i njeno sprovođenje [5].

Banjski turizam u Vojvodini nije u dovoljnoj meri istražen. Razlozi su brojni – veliki broj izvora nije valorizovan i čini se da postoji neiskorišćen potencijal, turistička ponuda je jednostrana i nepotpuna, diferencijacija banjskog lečilišta i turističkih funkcija su nezadovoljavajuće, turistička oglašavanje su neadekvatna, slaba organizovanost, kadrovski deficit, nepostojanje adekvatne dokumentacija neophodne za planiranje, razvoj i sl. Svi ovi elementi predstavljaju ograničavajući faktor za razvoj banjskog turizma u Vojvodini, a koje bi trebalo uzeti u obzir za buduće planiranje. Banja bi trebalo da bude osnova za razvoj turizma, kako u Vojvodini i celoj Srbiji. Stepenn korišćenja termomineralnih voda u Vojvodini je veoma nejednak, od primitivnih, neorganizovanih načina njihovog korišćenja do organizovane upotrebe u savremenim medicinskim centrima ili u centrima za rekreaciju.

Vojvodina neosporno ima veliki termomineralni potencijal koji čini važnu komponentu kompleksnog razvoja kontinentalnog turizma. Turizam može i treba da postane dominantna privredna grana u većini banja ali pre tog napora mora da se izgradi materijalna baza i svi preduslovi za organizovani turizam.

### Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan uz podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije (projekat OI 176018).

### REFERENCE

1. Fridleifsson I.B. (2001), Geothermal energy for the benefit of the people, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5, 299–312.
2. Gajic M., Vujadinovic, S. (2009), Razmeštaj i mogućnosti korišćenja termalnih i termomineralnih voda u Mačvi, *Bulletin of Serbian geographical society*, Tome LXXXIX No 3, str. 115-124.
3. Hepbasli A, Ozgener L. (2004), Development of geothermal energy utilization in Turkey: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8, 433–60.
4. Jovičić D., 2008, Stanje i perspektive razvoja banjskog turizma u Srbiji, *Glasnik Srpskog Geografskog društva LXXXVIII br. 4*, str. 3-18.
5. Lekić S., Pešić V. (1996), Korišćenje geotermalnih voda u poljoprivredi. *Ekologika br. 3*, Ekologika, Beograd.
6. Nakomcic-Smaragdakis B., Stajic T., Cepic Z., Djuric S. (2012), Geothermal energy potentials in the province of Vojvodina from the aspect of the direct energy utilization, *Renewable and sustainable energy reviews* 16, 5696-5706.
7. Rogan, S. Vidovic, M., Gordanic, V., Trajkovic I., Petrovic V. (2013), Perspectives of geothermal energy in Vojvodina with the development of tourism, 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, 16-22 June, Albena, Bulgaria, 173-179.
8. Serpena U., Aksoyb N., Ongurc, T., Didem Korkmaz E. (2009), Geothermal energy in Turkey: 2008 update, *Geothermics* 38, 227-237.
9. The renewable energy resources promotion, development and implementation centre (2006), *Geothermal resources in Serbia and Montenegro*, 70-77.

pean Union, appeals to the urgency of establishing a coherent state policy in this field and the integration of measures to stimulate the use of geothermal energy in the energy strategy and its implementation [5].

Regarding the fact that spa tourism is not sufficiently explored we can't be satisfied with the current results. Reasons for this are numerous: great number of springs is not valorized and it seems that there is an unused potential, tourist offer is one-sided and incomplete, differentiation of spa health resort and tourist functions is unsatisfactory, tourist advertisements are inadequate, also weak organization, lack in expert staff, absence of adequate documentation for planning and development etc. All of these elements represent a limiting factor for the development of spa tourism in Vojvodina and they should be considered for future planning. Spas should be the basis for tourism development in Vojvodina and entire Serbia as well. The level of use of thermal mineral water in Vojvodina is very unequal, it goes from primitive disorganized ways of their use to highly organized use in modern medical centers or recreational centers.

Without a doubt Vojvodina has a huge thermal and mineral potential which represents a very important component of the complex development of continental tourism. Tourism can and should become dominant industrial sector in most spas, but prior to that effort, a material base and all of the preconditions for organized tourism should be fulfilled.

### Acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development, Republic of Serbia (project No. OI 176018).



### IZDAVAČ

#### UDRUŽENJE ZA TEHNOLOGIJU VODE I SANITARNO INŽINERSTVO

11000 BEOGRAD, Terazije 23/II/203  
TEL: (+381 11)244 222 8; 344 89 04  
FAX: (+381 11)244 11 93  
E-mail: office@utvsi.com  
Web: www.utvsi.com

### PUBLISHER

#### ASSOCIATION FOR WATER TECHNOLOGY AND SANITARY ENGINEERING

11000 BEOGRAD, Terazije 23/II/203  
TEL: (+381 11)244 222 8; 344 89 04  
FAX: (+381 11)244 11 93  
E-mail: office@utvsi.com  
Web: www.utvsi.com

Časopis izlazi dvomesečno.  
*Issued bi-monthly*

Rukopise slati na adresu Udruženja.  
Rukopisi se ne vraćaju.  
*Please send manuscripts  
to the Association's address.  
Manuscripts will not be returned.*

### Grafička priprema i dizajn korice

*Design and Front Cover*  
Zoran Dimić, Beograd

### Štampa

*Printed by*  
Planeta Print, Beograd

**YU ISSN 0350-5049**  
**UDK 628 + 624 + 626**

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

628

VODA i sanitarna tehnika : časopis  
Udruženja za tehnologiju vode = Water an  
sanitary technology : magazine of the  
Association for water technology and sanit  
engineering / glavni urednik Slobodan  
Petković. - God. 1, br. 1 (1971)- . -  
Beograd : Udruženje za tehnologiju vode i  
sanitarno inženjerstvo, 1971- (Beograd :  
Planeta print). - 30 cm

Dvomesečno  
ISSN 0350-5049 = Voda i sanitarna tehnik