

REPUBLIKA SRBIJA  
AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
REPUBLIC OF SERBIA  
AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES



ATLAS PRIREDILI (ATLAS PREPARED BY)

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology



Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia



NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia



NAFTNA INDUSTRIJA SRBIJE

# GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE

## GEOHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

BEOGRAD - NOVI SAD  
2010. godine

REPUBLIKA SRBIJA  
AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
REPUBLIC OF SERBIA  
AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES



ATLAS PRIREDILI (ATLAS PREPARED BY)

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology



Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia



NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia



# GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE

## GEO THERMAL ATLAS OF VOJVODINA

### Autorski tim (Authors)

Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološki fakultet  
Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
Zorica Vukićević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

### Saradnici (Associates)

Prof. Dr Mihailo Milivojević, Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološki fakultet  
Sava Magazinović, dipl.inž.geol. Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološki fakultet  
Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

### Grafička obrada (Design)

Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

### Tehnička priprema (Technicians)

Julijana Savić, geol.tehničar (Geološki Institut Srbije)  
Dragana Dimitrijević, Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološki fakultet

Izradu ove publikacije finansirala je Vlada Autonomne Pokrajine Vojvodine

BEOGRAD - NOVI SAD  
2010. godine

## UVOD

Geotermalni atlas Vojvodine predstavlja grafički prikaz dosadašnjih saznanja o geotermalnim karakteristikama i hidrogeotermalnim potencijalima Zemljine kore na teritoriji AP Vojvodine do dubine od 2000 metara. Proizašao je iz jednog znatno šireg poduhvata pod nazivom "Studija stanja i ocena resursa geotermalne energije AP Vojvodine" čiju je izradu finansirao Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine (2006-2008). Sastoji se od 10 karata i jedne oleate, razmere 1:300.000, pratećeg teksta -Tumača i pripadajuće baze podataka. [Baza podataka](#) sadrži preko 120 opisnih i numeričkih pokazatelja i parametara za svaku od 78 hidrogeotermalnih bušotina, u kojima su izvedena odgovarajuća detaljna (hidro)geološka i geofizička istraživanja i ispitivanja. Prostorni položaj ovih bušotina prikazan je na [Karti br. 1](#), baza podataka je dostupna na sajtu Pokrajinskog sekretarijata za energetiku i mineralne sirovine - [www.psemr.vojvodina.gov.rs](http://www.psemr.vojvodina.gov.rs). Pored ovih podataka za izradu pojedinih karata korišćeni su i svi drugi, relevantni podaci iz preko 200 „naftnih i naftno-gasnih“ bušotina.

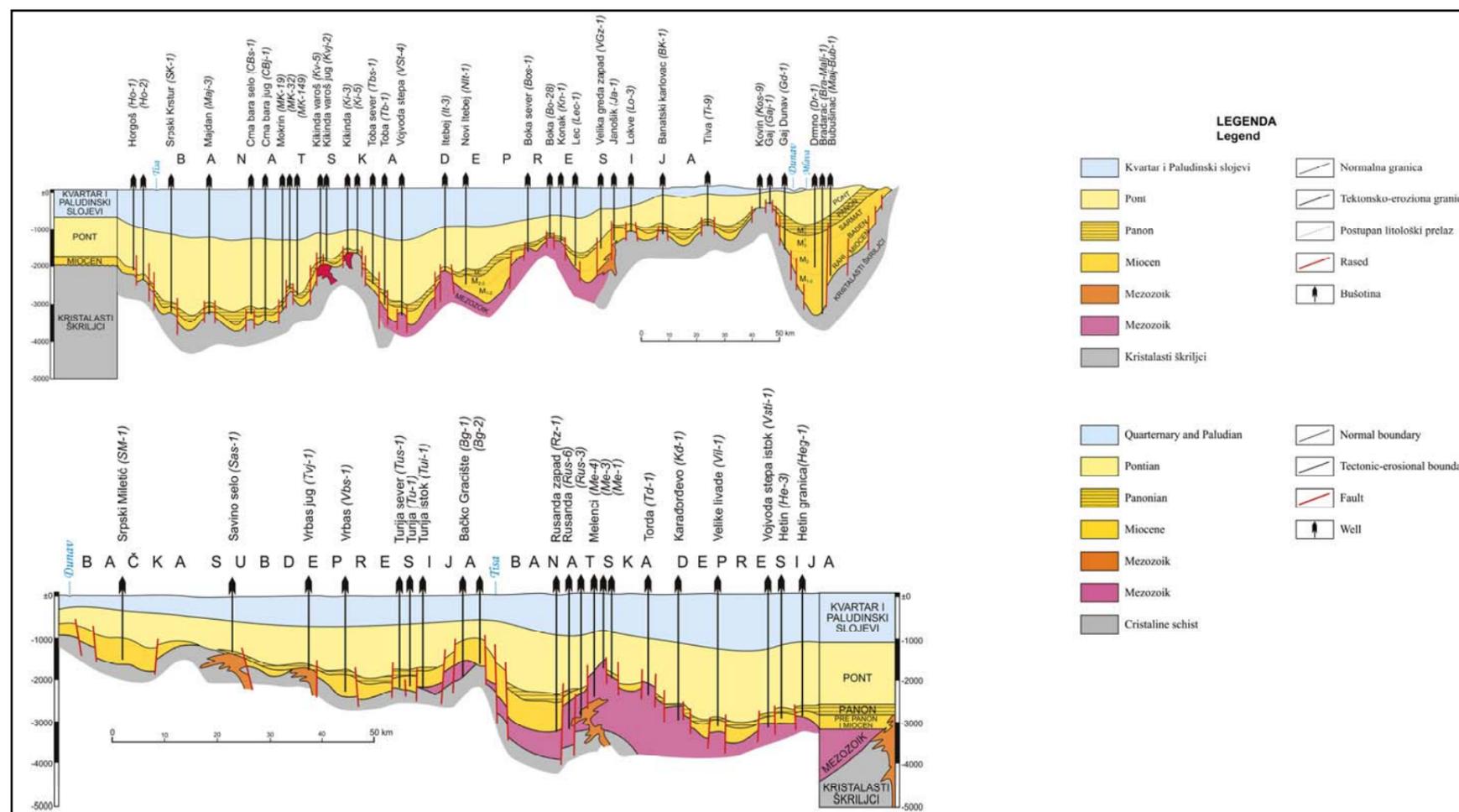
## OPŠTE GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE VOJVODINE

U geološkoj građi Vojvodine, generalno, izdvajaju se tri velika kompleksa i to: (1) osnovno gorje, (2) kompleks neogenih tvorevina i (3) kvartarni sedimenti, koji su nastali pre, za vreme nastanka i postojanja nakon „povlačenja“ Panonskog mora (Paratetisa) sa ovih prostora. Najstarije tvorevine osnovnog gorja predstavljene su granitima i gnajsevima, prekambrijske starosti, zatim kristalastim škriljcima paleozojske starosti, koji su pokriveni sedimentima (u faciji fliša: konglomerati, peščari, laporci i glinci koji se naizmenično smenjuju, zatim krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti) i magmatima (serpentinit, dijabaz, trahit) mezozoika. Neogeni kompleks, koji je na području Vojvodine mestimično debeo i preko 3.000 metara ([Karta br.2](#)), najvećim delom je izgrađen od peščara, glinaca, laporaca, litotamnijskih krečnjaka, glina, peskova i šljunkova, a podređeno se javljaju i magmatske i vulkanske stene (daciti, andeziti i bazalti) kao i njihovi piroklastični ekvivalenti. Kvartarni sedimenti su predstavljeni eolskim (peskovi i les) i fluvijalnim (peskovito-glinoviti alevriti, gline, peskovi i šljunak) nizom. Na [Slici br.1](#) prikazana su dva karakteristična regionalna geološka profila, a na [Oleati br. 4](#) dati su detaljni geološki stubovi karakterističnih hidrogeotermalnih bušotina, na kojima su pored litološkog sastava i njihove starosti prikazane i dubine kaptiranih intervala, što je vrlo značajno za sagledavanje hidrogeoloških karakteristika određenog područja.

Na području Vojvodine, koja ujedno predstavlja i posebnu geotermalnu provinciju (Milivojević, 1989) i jedan složen hidrogeotermalni konduktivni sistem sa više međusobno odvojenih rezervoara, izdvojena su četiri osnovna hidrogeološka sistema po dubini i to:

**Prvi hidrogeološki sistem** obuhvata sedimente od površine do podine gornjeg pontaa. Razvijen je na čitavoj površini Vojvodine, izuzev Fruške gore i Vršackog brega. Debljine je od oko 2.000 m u severnom Banatu do nekoliko desetina metara u obodnim delovima Panonskog basena ([Karta br. 3](#)). Kolektori su peskovi i šljunkovi razne granulacije i intergranularne poroznosti, a izolatori su gline. U ovom sistemu se ne očekuju slojne temperature veće od 120 °C, a temperature na ustima bušotine se kreću u proseku oko 60 °C. Dosadašnji rezultati pokazuju maksimalnu izdašnost od 28,3 l/s, a najčešće između 6,7-13,3 l/s. Velike početne izdašnosti su dobijene iz gornjopontijskih peščara (max. 28 l/s) i paludinskih peskova (max. 12 l/s). Mineralizacija voda je 1-9 g/l, najčešće 3-5 g/l. Sadržaj gasa u vodi se kreće od 0,04 do 2,2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. *Ovaj sistem zbog svoje rasprostranjenosti i niske mineralizacije vode ima najveći ekonomski značaj* (Milosavljević, 1997).

**Drugi hidrogeološki sistem** se nalazi neposredno ispod prvog i čine ga stene donjeg pontaa i panona. Kolektori u ovom sistemu su peščari čije je prostiranje ograničeno bez, ili sa veoma slabim mogućnostima prihranjivanja. Izolatori su laporci, lapori i gline. Vodonosni slojevi imaju malu izdašnost koja se kreće od 2,5-5 l/s, maksimalno do 7,3 l/s. Najmanje vodoizdašnosti dobijene su iz donjopontijskih peščara (cca 3 l/s). Izlazne temperature vode se kreću od 82 °C, a najčešće od 50-65 °C. Mineralizacija je najčešće 5-12 g/l, a dostiže i do 20 g/l. *Zbog male izdašnosti ovaj sistem nema veći ekonomski značaj.*



Slika 1. Regionalni geološki profili Horgoš-Drmno, Srpski Miletić-Hetin, (Aksin, i dr., 1991)

**Treći hidrogeološki sistem** obuhvata stene miocena, paleogena, jure i krede. Kolektori su peščari, konglomerati, krečnjaci i breče, a izolatori su lapori, laporci i gline. Izdašnost bušotina je do 25 l/s, a najčešće između 5 i 10 l/s. Velike početne izdašnosti su dobijene iz miocenskih peskova, peščara i krečnjaka (max. 25 l/s). Izlazna temperatura vode se kreće do 54 °C, a najčešće od 40 °C do 50 °C. Vode karakteriše visoka mineralizacija, do 50 g/l. Problemi korišćenja ovih voda su vezani za rešavanje njihove agresivnosti i inkrustabilnosti. *Sa ekonomskog aspekta korišćenja ovaj sistem je bez većeg značaja.*

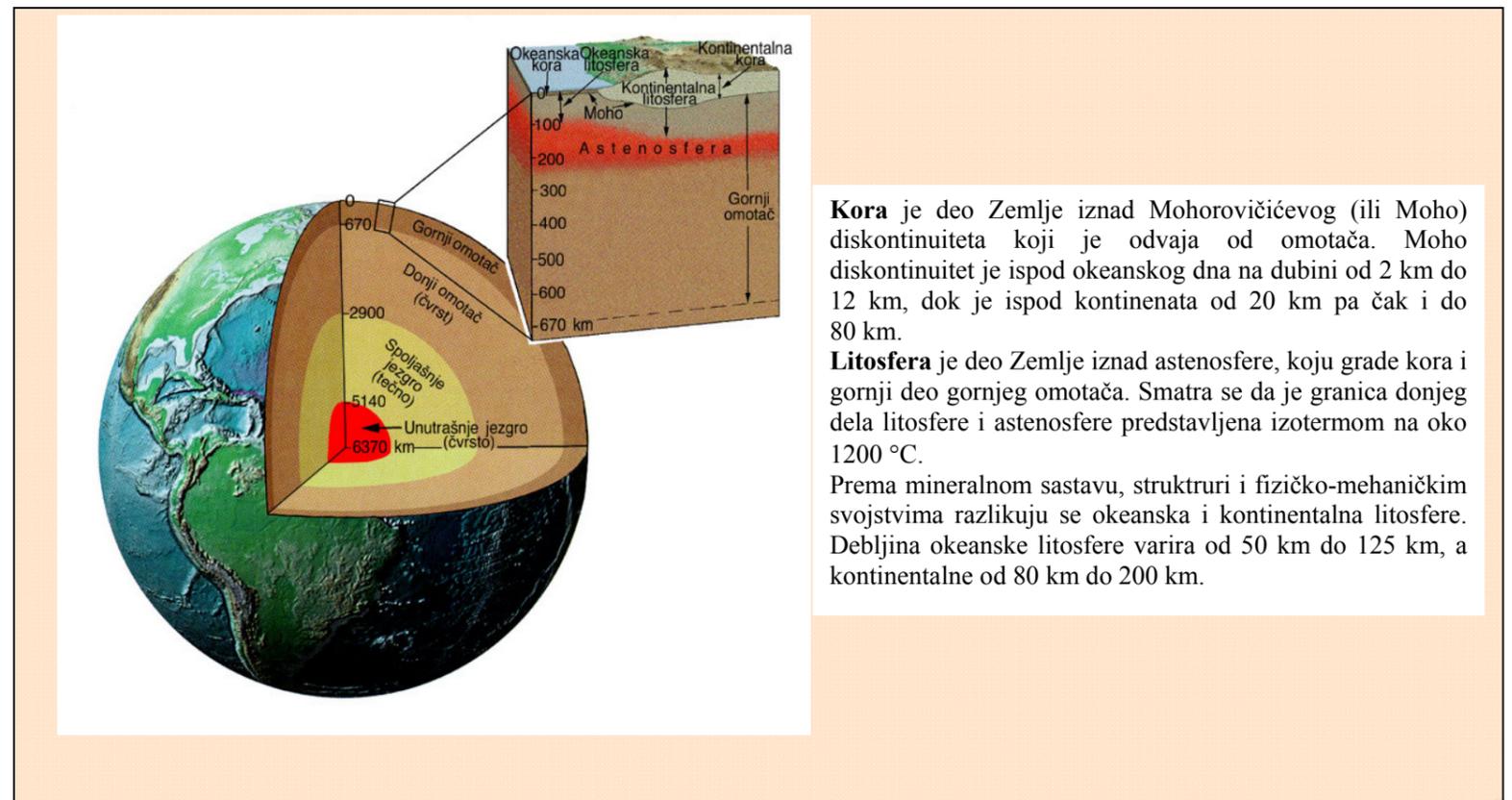
**Četvrti hidrogeološki sistem** obuhvata magmatske, metamorfne i sedimentne stene trijasko i paleozojske starosti. Najznačajniji kolektori su ispucali trijaski krečnjaci i dolomiti, posebno zbog velike izdašnosti i relativno malog sadržaja rastvorenih soli. Izdašnost bušotina se kreće do 47 l/s, a najčešće od 8 do 17 l/s. Najveća početna izdašnost registrovana je na bušotini "Kup-1" (Kupinovo) u južnom Sremu iz karstifikovanih dolomitičnih krečnjaka trijasko starosti (41,6 l/s), dok se iz raspadnutih kristalastih škriljaca izdašnost kreće od 2-4 l/s. Izlazne temperature vode se kreću do 82 °C, a najčešće od 40-60 °C (Tonić i dr., 1989). Skoro sve bušotine rade samoizlivno, kao rezultat povećanih ležišnih pritisaka ili fenomena gas-lift sistema, odnosno sadržaja rastvorenih gasova u vodi. Ukupna mineralizacija iznosi od 0,5 g/l do 50 g/l i uglavnom je u funkciji tratigrfske pripadnosti kolektor stena i intenziteta vodoizmene. Sadržaj rastvorenih gasova iznosi 0,04-2,2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Pretežno je metanskog sastava (80-95 %) sa primesama ugljen-dioksida i azota. *Ovaj sistem je nedovoljno istražen i za sada je nemoguće proceniti njegov pravi značaj.*

## GEOTERMALNE KARAKTERISTIKE VOJVODINE

Geotermalne karakteristike Zemlje u značajnoj meri se razlikuju od mesta do mesta. Uslovljene su specifičnim, „lokalnim“ geološkim uslovima i dešavanjima koji su u tim delovima vladali i odvijali se tokom 4 milijarde godina duge istorije Zemlje. Debljina i litološki sastav kore i litosfere, karakter, vrste i starost tektonskih pokreta i magmatizma odlučujuće utiču na sadržaj radioaktivnih elemenata, posebno urana, torijuma i kalijuma, u stenama, na seizmičnost i hidrogeološke osobine terena, koji pak direktno ili indirektno, u manjoj ili većoj meri determinišu geotermalne karakteristike određenog područja.

Područje Vojvodine, kao integralni deo Panonskog basena, u pogledu geoloških i geotermalnih karakteristika, ima sva obeležja ove, u mnogo čemu, specifične geotektonske jedinice. Među geološkim karakteristikama, kao specifično obeležje, pre svega treba istaći malu debljinu kore, koja na području Vojvodine iznosi „svega“ 25,5 km do 29 km (Dragašević, 1989), i litosfere čija se debljina na području Panonskog basena kreće u granicama od 60 km do 100 km. Najmanja, anomalna, debljina kore na čitavom prostoru bivše SFRJ, 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 (Lenkey, 1999), svrstavaju (između ostalog) Panonski basen, a samim tim i područje Vojvodine, među najperspektivnija geotermalna područja u Evropi (Stegen i dr., 1975). Na povoljne geotermalne karakteristike Vojvodine ukazuju i prosečne vrednosti geotermnog gradijenta i terestičkog toplotnog toka, koje su znatno veće od karakterističnih vrednosti istih parametra za evropski kontinent u celini.

**Geotermni gradijent na području Vojvodine**– određen je na osnovu podataka o izmerenim temperaturama u 70 hidrogeotermalnih bušotina i u 126 bušotina izbušenih za potrebe istraživanja nafte i gasa. S obzirom da su merenja temperature izvedena u različitim fazama izrade bušotine (u najvećem broju slučajeva u "nestacioniranim uslovima") i to: tokom izrade bušotine; nakon završetka bušotine, obično od 3 do 12 sati po prestanku cirkulacije isplake ili posle dva do tri dana; neposredno pre izvođenja opita crpenja (reprezentativniji podaci) i pri samoizlivu, ili pri crpenju termalne vode pumpom, svi podaci su najpre detaljno analizirani, a zatim po potrebi izvršene su odgovarajuće korekcije u cilju dobijanja realnih podataka pri stacionarnim uslovima. Korekcije su vršene primenom metode Horner-a, ili "inter" tj. "ekstrapolacijom". Reprezentativni podaci iskorišćeni su za određivanje realnih vrednosti temperatura na dubinama 500, 1000 i 2000 m.



**Kora** je deo Zemlje iznad Mohorovičićevog (ili Moho) diskontinuiteta koji je odvaja od omotača. Moho diskontinuitet je ispod okeanskog dna na dubini od 2 km do 12 km, dok je ispod kontinenata od 20 km pa čak i do 80 km.

**Litosfera** je deo Zemlje iznad astenosfere, koju grade kora i gornji deo gornjeg omotača. Smatra se da je granica donjeg dela litosfere i astenosfere predstavljena izotermom na oko 1200 °C.

Prema mineralnom sastavu, strukturi i fizičko-mehaničkim svojstvima razlikuju se okeanska i kontinentalna litosfere. Debljina okeanske litosfere varira od 50 km do 125 km, a kontinentalne od 80 km do 200 km.

Slika 2. Unutrašnja građa Zemlje (Milovanović, D., Boev, B., 2001)

Promena temperature sa dubinom naziva se **geotermni gradijent**. Svaka geološka sredina ima određen geotermni gradijent, ali se prosečan porast temperature u kontinentalnim delovima Zemlje kreće oko 30 °C po kilometru dubine (°C/km). Najveći geotermni gradijent je u području okeanskih rifova, gde temperatura raste i preko 100 °C po kilometru dubine i ukazuje da se astenosfera nalazi na vrlo malim dubinama. Razlike u odnosu dubine i temperature u okeanskoj i kontinentalnoj kori i gornjem delu gornjeg omotača postoje, ali se geotermni gradijenti različitih geoloških sredina ujednačavaju na dubini od oko 200 km.

**Temperatura 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 ([Karta br. 5](#)).

**Temperature na dubini od 1000 m.** Temperatura na dubini od 1000 m izračunata je na osnovu inter i ekstrapolacije podataka iz već napred pomenutih bušotina. Temperatura na dubini od 1000 m za teritoriju Vojvodine varira u rasponu od 57,5 °C do 73,5 °C. Najviše temperature su registrovane na području Prigrevica i one iznose 73,5 °C. U području Kupinova temperatura na 1000 m iznosi 71,5 °C ([Karta br. 6](#)).

**Temperature na dubini od 2000 m.** Karta temperatura na dubini od 2000 m urađena je na osnovu dubokih istražnih bušotina bušenih za potrebe istraživanja nafte i gasa. Temperatura na dubini od 2000 m za teritoriju Vojvodine varira u rasponu od 95 °C do 120 °C. Najviše temperature, preko 118 °C su registrovane zapadno od Kanjiže, a najniže (ispod 96 °C) na širem području Indije ([Karta br. 7](#)).

Na osnovu dobijenih vrednosti izračunati su geotermiski gradijenti koji se razlikuje po dubini, tako za interval od 0 m do 500 m iznosi 0,056 °C/m, za interval od 500 m do 1.000 m iznosi 0,052 °C/m, a od 1.000 do 2.000 m iznosi 0,050 °C/m. Prosečna vrednost temperaturnog gradijenta (u intervalu od 0 m do 2.000 m) za celu Vojvodinu iznosi 0,0526 °C/m, što je znatno veće od prosečne vrednosti za kontinentalni deo Evrope, koji iznosi oko 0,03 °C/m. Najviše prosečne vrednosti geotermiskog gradijenta u Vojvodini uvrđene su na području severne Bačke, preko 0,062 °C/m, a najniže na području jugoistočnog Banata, ispod 0,046 °C/m ([Karta br.8](#)).

**Gustina terestičkog toplotnog toka** – gustina terestičkog toplotnog toka na području Vojvodine određena je na osnovu prosečnog geotermiskog gradijenta i prosečne toplotne provodljivosti sedimenata na lokacijama hidrogeotermalnih bušotina, koje iznose 1,6 W/m °K za gline i lapore, odnosno 2,8 W/m °K za krečnjake, peščare, laporce i glince (Milivojević, 1989) i vrlo su slične onima koje su korišćene u susednoj Mađarskoj, pomoću sledeće formule:

$$q = \lambda * \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1}$$

Gde je:

- q - terestički toplotni tok (mW/m<sup>2</sup>)
- λ - toplotna provodljivost (W/m °K)
- T<sub>1</sub> - temperatura na dubini z<sub>1</sub> (°C)
- T<sub>2</sub> - temperatura na dubini z<sub>2</sub> (°C)
- z<sub>1</sub> - dubina na kojoj je merena temperatura T<sub>1</sub> (m)
- z<sub>2</sub> - dubina na kojoj je merena temperatura T<sub>2</sub> (m)

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 (bušotina Ulj-1/H), a najviše vrednosti na području Subotice, (bušotina S-1, [Karta br. 9](#)).

## GEOTERMALNI RESURSI VOJVODINE

**Istraženi geotermalni resursi (ili rezerve)** - Mnogobrojni podaci o geološkim, geotermalnim i hidrogeotermalnim karakteristikama Vojvodine, prikupljeni tokom dvadesetogodišnjih (1949-1968) sistematskih geoloških istraživanja nafte i prirodnog gasa, omogućili su da 1969. godine započnu i prva ciljna istraživanja **hidrogeotermalnih resursa** Vojvodine. U sklopu ovih istraživanja u periodu od 1969-1996. godine, izbušene su 72 bušotine, a u periodu od 1997. do 2008. godine izbušeno je još 6 bušotina. Najveći broj bušotina izbušen je u Bačkoj (44), zatim u Banatu (18), a najmanje u Sremu (16). Osnovni podaci za ovih 78 bušotina, kao što su: dubina bušotine, temperatura i proticaj vode i njena toplotna snaga dati su u [Tabela br. 1.](#), a fizičko-hemijske karakteristike termalnih voda prikazane su na [Karti br. 10](#). Svi ostali relevantni podaci, neophodni za ocenu hidrogeotermalnih potencijala pojedinih bušotina i područja Vojvodine u celini, nalaze se u već spominjanoj bazi podataka.

Toplotna snaga raspoloživih **hidrogeotermalnih resursa** iz pojedinih bušotina izračunata je pomoću sledeće formule:

$$Q = m * (T_2 - T_1) * 0,004184$$

Gde je:

- Q - toplotna snaga (MW<sub>t</sub>)
- m - masa (kg)
- T<sub>2</sub> - temperatura vode (°C)
- T<sub>1</sub> - referentna temperatura (20 °C)

a njihov zbir daje ukupnu raspoloživu toplotnu snagu do sada istraženih hidrogeotermalnih resursa (iz 78 bušotina) na području Vojvodine i ona iznosi **72.606 MW<sub>t</sub>** ([Tabela br.1](#)).

**Toplotna energija** nastala u Zemljinoj unutrašnjosti „prenosi“ se ka hladnijoj površini. Količina toplote (mW) koja u jedinici vremena (s) prođe kroz jedinicu površine (m<sup>2</sup>) naziva se **gustinom terestičkog toplotnog toka** (mW/m<sup>2</sup>). Njena raspodela na površini Zemlje je krajnje neujednačena i pored niza drugih činioca pre svega zavisi od geotektonskog položaja i od toplotne provodljivosti stena koje izgrađuju Zemljinu koru na određenom mestu. U zavisnosti od svih tih činilaca njena prosečna vrednost na kontinentima iznosi 65 mW/m<sup>2</sup>, a na okeanima 101 mW/m<sup>2</sup>. Na osnovu više desetina hiljada merenja, Polak (Pollack i dr., 1993) procenjuju da globalna, prosečna gustina terestičkog toplotnog toka na Zemlji iznosi 87 mW/m<sup>2</sup>. Poređenja radi, na geotermalnom polju (Larderello), gde je 1904. godine izgrađen prvi geotermalni sistem za proizvodnju električne energije, gustina terestičkog toplotnog toka prelazi 200 mW/m<sup>2</sup>, a na području južne Mađarske, koja je poznata po intenzivnom korišćenju geotermalne energije karakteristične vrednosti terestičnog toplotnog toka kreću se u granicama od 80 mW/m<sup>2</sup> do 110 mW/m<sup>2</sup>.

**Geotermalni resursi**, u najširem smislu, predstavljaju ukupnu količinu unutrašnje toplote Zemlje, akumuliranu u njenoj čvrstoj, tečnoj i gasovitoj fazi, i shodno tome dele se na: **hidrogeotermalne resurse** (u slobodnim podzemnim termalnim vodama i vrelin vodenim parama), **lito odnosno petrogeotermalne resurse** (u toplim i vrelin suvim stenama) i **magmogeotermalne resurse** (u magmi i vulkanskoj lavi). Ukupni geotermalni resursi Zemlje, računajući sa prosečnom pripovršinskom temperaturom od 15 °C, procenjeni su na 12,6x10<sup>24</sup> MJ, a same kore na 5,4x10<sup>21</sup> MJ (Armstead, 1983). Od ove gigantske količine toplotne energije, na današnjem nivou razvoja tehnologije, samo jedan vrlo mali deo, i to onaj koji se nalazi u prvih desetak kilometara Zemljine kore, dostupna je čoveku i užem smislu predstavlja geotermalni resurs. Međutim, i taj „mali“ deo je ogroman potencijal, jer se u svetskim razmerama teoretski dostupni geotermalni resursi procenjuju na 41,743x10<sup>6</sup> EJ, tj. tehnički na 718,4 EJ/god., a ekonomski na 75,674 EJ/god. (Lund, 2010), što iznosi nešto malo više od 15% od ukupne potrošnje svih energenata u svetu tokom 2009. godine (oko 472 EJ).

**Iskorišćenost istraženih geotermalnih resursa** – savremeno korišćenje hidrogeotermalnih resursa u AP Vojvodini započelo je još davne 1978. godine, puštanjem u pogon prvog od ukupno 24 do sada izgrađenih hidrogeotermalnih sistema (svi sistemi su izgrađeni pre 1990. godine). Sistematsko praćenje proizvodnje vrši se od 1987. godine, i zaključno sa 31.12.2009. godine ovi sistemi su proizveli ukupno 23,153. 000 m<sup>3</sup>. Najveća godišnja proizvodnja ostvarena je 1990. godine i iznosila je blizu 1.600.000 m<sup>3</sup> termalne vode, a nakon toga prvo dolazi do postepenog pada proizvodnje, a zatim i do isključivanja pojedinih sistema iz procesa proizvodnje ([Dijagram br.1](#)). Najmanji broj sistema (10) radio je tokom 1997. i 2007. godine, a najmanja proizvodnja je ostvarena u 2009. godini, kada je iz 12 aktivnih sistema ([Karta br. 11](#)) proizvedeno 739.149 m<sup>3</sup>. Ukupna toplotna snaga raspoloživih hidrogeotermalnih resursa iz sistema koji su radili tokom 2009. godine iznosi 26 MW<sub>t</sub> (za 180 radnih dana), a proizvedenih količina termalnih voda nešto malo manje od 6 MW<sub>t</sub>, što znači da je **iskorišćenost** raspoloživih hidrogeotermalnih resursa iz ovih sistema iznosila **23 %**. Situacija je još gora ako se ovaj parametar posmatra u odnosu na do sada istražene geotermalne resurse čija ukupna raspoloživa toplotna snaga iznosi 72.606 MW<sub>t</sub>, jer onda koeficijent iskorišćenosti iznosi svega **8 %**.

**Potencijalni geotermalni resursi** - prema raspoloživim podacima, potencijalni geotermalni resursi teritorije Vojvodine do sada nisu bili predmet posebnih procena. Proračunom, koji je urađen u sklopu realizacije napred navedene Studije i izrade ovog Atlasa, obuhvaćeni su ukupni (lito + hidro) potencijalni geotermalni resursi Vojvodine do dubine od 1.200 metara, a posebno su izračunati i potencijalni hidrogeotermalni resursi do iste referentne dubine. Proračun je izvršen primenom zapreminske metode, a kao polazna osnova korišćeni su sledeći parametri: površina i debljina izdani, poroznost, gustina stenskih masa, gustina vode, specifična toplota stene, specifična toplota vode. Na osnovu ovih parametara izračunato je da **ukupni potencijalni geotermalni resursi** teritorije Vojvodine, do prosečne dubine od 1.200 m iznose **13,6 EJ** ili oko 325\*10<sup>6</sup> tEN, a **ukupni potencijalni hidrogeotermalni resursi** iznosi **3,95 EJ** ili 94\*10<sup>6</sup> tEN.

Prema iskustvenim kriterijumima, samo oko 25 % potencijalnih hidrogeotermalnih resursa može se praktično iskoristiti, te shodno tome, **potencijalni raspoloživi hidrogeotermalni resursi** teritorije Vojvodine, do dubine od „samo“ 1.200 m, iznose oko **1 EJ** (≈24x10<sup>6</sup> tEN). O kakvim potencijalima je reč, najbolje ilustruje podatak da je prosečna ukupna godišnja potrošnja energenata **u Srbiji** u poslednjih pet godina iznosila oko **0,63 EJ** ili približno oko 15x 10<sup>6</sup> tEN.

#### Literatura:

- Aksin, V., Marinović, Dj., & Vugrines, J. 1991: Exploration and production of oil crude oil and gas in Yugoslav part of Pannonian basin. In: Geodynamic evolution of the Pannonian Basin, 309-329. Beograd.
- Bertani, R., 2010: Geothermal Power Generation in the World 2005-2010 Update Report, Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia.
- Horvath, F., Bodri, L. and Ottlik, P., 1979 : Geothermics of Hungary and the Tectonophysics of the Pannonian Basin "Red Spot". In: V.Čermak and L.Rybach (Editors), Terrestrial Heat Flow in Europe. Springer Verlag, Berlin, 309-315.
- Lund, W. J., Freeston, H. D., Boyd, L. T., 2010: Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review, Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia.
- Milivojević, M., 1989: Ocena geotermalnih resursa teritorije SRS van SAP. Doktorska disertacija odbranjena na Rudarsko-geološkom Fakultetu, Univerziteta u Beogradu
- Milovanović, D. Boev, B., 2001: Zemlja, tektonika ploča i magmatizam, Nauka, Beograd
- Tonić, S., Milosavljević, S., Vidović, S. and Agatonović, V., 1989: Results of exploration and utilization of geothermal water in Vojvodina. Journal of YU Committ. of The World Petroleum Congr., Nafta (40), No. 10, Zagreb, p. 593-600, (in Serbian).

#### STANJE KORIŠĆENJA GEOTERMALNIH RESURSA U SVETU KRAJEM 2009. GODINE

##### a.) direktno korišćenje geotermalnih resursa – uključuje i primenu toplotnih pumpi (Lund et all., 2010):

- 78 država sveta koristi geotermalne resurse na ovaj način (u 2005. – 72; u 2000. – 58; u 1995. - 28);
- ukupna snaga instalisanih kapaciteta iznosi **50.583 MW<sub>t</sub>**, što je skoro za 79% više nego u 2005. godini, a najveći deo – nešto manje od 69,7% ili 35.236 MW<sub>t</sub> odnosi se na geotermalne toplotne pumpe;
- ukupna količina proizvedene toplotne energije je **438.071 TJ/god.** (121.696 GWh/god), što je za oko 60 % više u odnosu na 2005. godinu, a najveći deo, malo više od 49 % ili 214.782 TJ, odnosi se na toplotne pumpe;
- na ovaj način zamenjeno je **46,200.000 tEN** (ukupna potrošnja svih energenata u Srbiji tokom 2009. godine iznosila je manje od 15,000.000 tEN) uglavnom fosilnog goriva, čime je sprečeno ispuštanje 46,6 miliona tona ugljenika i 148,2 miliona tona CO<sub>2</sub> u atmosferu;
- „Top pet“ po ukupno instalisanim kapacitetima su: SAD, Kina, Švedska, Norveška i Nemačka (60% ukupno instalisanog svetskog kapaciteta);
- u odnosu na broj stanovnika (MW/stanovnik) vodeće države su: Island, Švedska, Norveška, Novi Zeland i Švajcarska, a u odnosu na površinu države (MW/km<sup>2</sup>): Danska, Holandija, Island, Švajcarska i Mađarska;
- najveći napredak u instalisanim kapacitetima u poslednjih pet godina postigle su: Velika Britanija, Koreja, Irska, Španija i Holandija;
- broj ekvivalentnih jedinica od 12 kW (tipično za kuće u SAD i u Zapadnoj Evropi) koje koriste toplotne pumpe, porasle su više od četiri puta u odnosu na 2000. godinu i iznose 2,940.000;
- geotermalna energija za daljinsko grejanje se koristi u 27 država (lideri su: Island, Kina, Turska, Francuska i Rusija), a u 24 države i za individualne potrebe (vodeće su: Turska, Italija, SAD, Japan i Gruzija);
- 34 države (30 u 2005. godini) koristi geotermalnu energiju za zagrevanje staklenika (instalirani kapaciteti su u odnosu na 2005. godinu porasli za 10 % i iznose 1.544 MW, a proizvodnja toplotne energije je porasla za 13 % i iznosi 23.264 TJ/god.), a prvih pet mesta zauzimaju: Turska, **Mađarska**, Rusija, Kina i Italija.

##### b.) proizvodnja električne energije (Bertini, 2010):

- u periodu od 2005. do 2009. godine broj država koje proizvode električnu energiju iz geotermalnih izvora (24) se nije promenio, ali su zato povećani instalirani kapaciteti sa 8.933 MW na **10.715 MW**, odnosno oko 20%, kao i proizvodnje električne energije sa 55.709 GWh na **67.246 GWh**, odnosno oko 21 % (ukupna godišnja potrošnja električne energije u Srbiji iznosi oko 32.000 GWh);
- najveći instalirani kapaciteti se nalaze u SAD ( 3.093 MW), a zatim redom slede: Filipini (1.904MW), Indonezija (1.197 MW), Meksiko (958 MW) i Italija (843 MW);
- najveći proizvođači električne energije u skladu sa instalisanim kapacitetima jesu: SAD (16.603 GWh), Filipini (10.311 GWh), Indonezija (9.600 GWh), Meksiko (7.047 GWh) i Italija (5.520 GWh), što ukupno iznosi 34.081 GWh, odnosno nešto više od polovine ukupne svetske proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora;
- najveći broj instalisanih kapaciteta za proizvodnju električne energije još uvek se zasniva na korišćenju visokotemperaturnih hidrotermalnih fluida (preko 180 °C), ali poslednjih godina, razvojem novih tehnologija kao što su binarni i „fleš“ (jednostruki i dvostruki) sistemi, postepeno raste korišćenje hidrotermalnih fluida i sa nižim temperaturama (ispod 100 °C);

**Temperatura i sadržaj mineralizacije, praktično više nisu ograničavajući faktor za korišćenje hidrogeotermalnih resursa** – kombinovani sistem za grejanje (6 MW<sub>t</sub>) i proizvodnju električne energije (210 kW) u Neustadt – Glewe (Nemačka), koristi hidrotermalni fluid čija temperatura iznosi 98 °C, a ukupna mineralizacija je 227 g/l.

Tabela 1. Osnovne karakteristike hidrotermalnih bušotina i bunara u Vojvodini

Red. Br No. Num.	Lokacija Location	Naziv bušotina Identifier of borehole	Dubina Bušotina Depth of Borehole (m)	Temp. (°C)	Proticaj Flow Rate (l/s)	Termalna snaga Thermal Power (MW <sub>t</sub> )
1	Subotica	S-1	1453.80	36.0	-	-
2	Subotica, Dudova šuma	Dš-2/H	650.00	35.0	3.58	0.225
3	Palić jezero	Pj-1/H	701.00	48.0	12.20	1.429
4	Palić jezero	Pj-2/H	750.00	48.0	9.51	1.114
5	Kanjiža	Kž-1/H	1147.00	45.0	2.69	0.281
6	Kanjiža	Kž-2/H	1123.00	65.0	9.20	1.732
7	Kanjiža	Kž-3/H	1140.00	72.0	18.9	4.112
8	Bajmok	Bajmok1-/H	678.00	47.0	1.60	0.181
9	Novi Kneževac	NK-5	1250.00	69.0	6.58	1.349
10	Vrbica	Vbc-1/H	2520.00	82.0	16.6	4.306
11	Bezdan	Bezdan	1305.50	-	-	-
12	Zobnatica	Zob-1/H	543.00	37.0	3.60	0.256
13	Mokrin	Mk-1/H	950.00	51.0	10.5	1.362
14	Bačka Topola	BT-1/H	886.00	22.0	1.0	0.008
15	Bačka Topola	BT-2/H	541.00	37.5	10.90	0.798
16	Kikinda, Šumice	Šm-1/H	950.00	50.0	2.03	0.255
17	Kikinda	Ki-2/H	1200.00	51.0	15.20	1.972
18	B.Veliko Selo	VS-1/H	925.00	43.0	17.70	1.703
19	B.Veliko Selo	VS-2/H	895.00	45.0	11.60	1.213
20	Kupusina	Kps-1/H	1600.00	72.0	3.30	0.718
21	Prigrevica banja	Pb-1/H	701.70	53.0	20.5	2.830
22	Prigrevica banja	Pb-2/H	800.00	59.0	6.88	1.123
23	Prigrevica banja	Pb-3/H	711.70	56.0	21.4	3.223
24	Prigrevica	Prg-1/H	590.00	43.0	2.70	0.260
25	Prigrevica	Prg-2/H	478.00	33.0	2.75	0.150
26	Kikinda	Ki-4/H	1203.00	57.0	4.80	0.743
27	Srpska Crnja	Cr-5	2052.00	75.0	18.30	4.211
28	Sonta	So-1/H	923.00	43.0	2.33	0.224
29	Kula	Kl-1/H	750.00	50.0	9.50	1.192
30	Kula	Kl-2/H	787.40	51.0	8.40	1.090
31	Kula	Kl-3/H	602.00	38.0	3.73	0.281
32	Kula	Kl-4/H	820.00	51.0	8.47	1.099
33	Bečej	Bč-1/H	503.00	33.0	10.70	0.582
34	Bečej	Bč-2/H	1020.00	65.8	24.90	4.772
35	Kucura	BKc-1/GTE	996.50	56.0	8.83	1.330
36	Vrbas	Vrb-1/H	1033.00	37.2	3.70	0.266
37	Vrbas	Vrb-2/H	932.00	51.0	4.37	0.567

38	Vrbas	Vrb-3/H	947.00	56.0	11.30	1.702
39	Srbobran	Sr-1/H	1207.00	63.0	11.60	2.087
40	Srbobran	Sr-2/H	950.20	54.0	5.50	0.782
41	Turija	Tus-1/H	1175.00	54.0	5.95	0.846
42	Turija	Tus-2/H	500.00	34.0	10.50	0.615
43	Melenci			33.0	10.30	0.560
44	Bačko Dobro Polje	DP-1	1659.00	57.0	14.60	2.260
45	Žitište	Ži-1/H	1002.00	44.0	3.70	0.372
46	Bački Petrovac	BP-1/H	803.00	46.0	19.20	2.089
47	Bački Petrovac	BP-2/H	800.00	45.0	9.75	1.020
48	Temerin	Te-1/H	914.00	42.0	15.50	1.427
49	Zrenjanin	Zr-1/H	870.00	48.0	3.96	0.464
50	Zrenjanin	Zr-2/H	503.25	24.0	3.67	0.061
51	Neuzina	Ne-1/H	1163.00	-	-	-
52	Neuzina	Ne-1a/H	866.00	47.0	3.94	0.445
53	Bačko Karadordevo	Kdj-1/H		-	-	-
54	Bačko Karadordevo	Kdj-2/H	500.00	34.0	5.67	0.332
55	Bačko Karadordevo	Kdj-3/H	484.30	-	-	-
56	Bačko Karadordevo	Krdj-1/H	1075.00	36.0	3.00	0.201
57	Čelarevo	Ce-1/H	1134.00	32.0	13.70	0.688
58	Novi Sad	NSb-1/H	300.50	23.3	17.1	0.236
59	Novi Sad	NS-1/H	573.00	39.0	4.40	0.350
60	Novi Sad	NS-2/H	809.90	38.0	-	-
61	Novi Sad	NS-3/H	824.00	36.0	6.85	0.459
62	Šajkaš	Šaj-1/H	801.00	39.0	8.28	0.658
63	Novi Ledinci	NL-1/H	808.00	20.0	6.05	0.000
64	Sremski Karlovci	SK-1/H	498.20	23.0	5.20	0.065
65	Janošik	Ja-1/H	742.00	35.0	9.57	0.601
66	Erdevik	Er-1/H	352.00	16.0	-	-
67	Ležimir	Lež-1/H	350.00	21.0	1.10	0.005
68	Mala Remeta	MR-1/H	412.00	25.0	-	-
69	Vrdnik	Vrd-1/H	600.00	32.0	1.00	0.050
70	Šid	Šid-1/H	850.00	35.0	-	-
71	Indija	Ind-1/H	975.00	57.0	13.40	2.074
72	Indija	Ind-3/H	1594.80	43.0	0.20	0.019
73	Banatski Karlovac	BK-1/H	509.74	26.0	15.90	0.399
74	Uljma	Ulj-1/H	1420.00	68.0	1.83	0.368
75	Devojački bunar	Db-1/H	600.00	25.0	11.30	0.236
76	Platičevo	Pt-1/H	1207.20	26.0	1.00	0.025
77	Kupinovo	Kup-1/H	644.00	51.0	24.50	3.178
78	Kupinovo	Kup-2/H	663.00	44.0	9.70	0.974
<b>UKUPNO:</b>						<b>72.606</b>

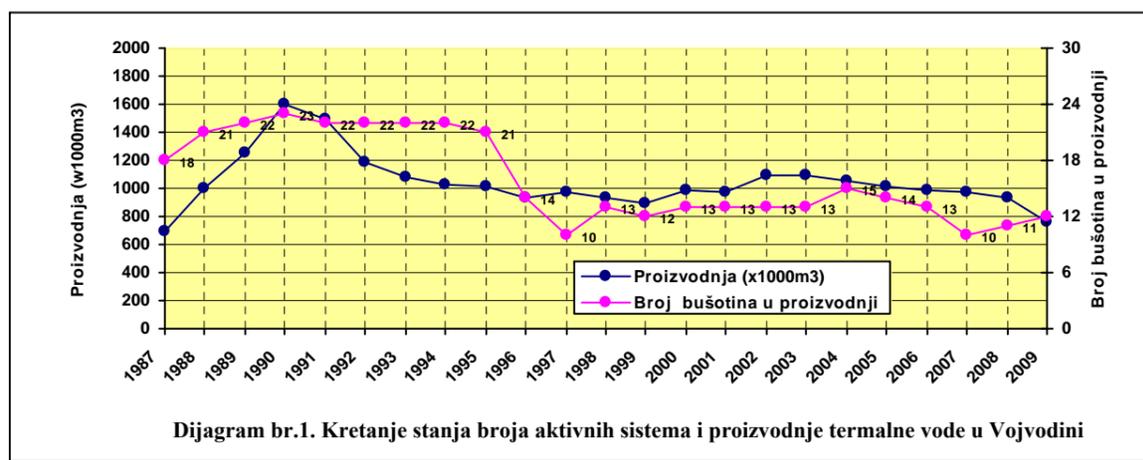


Tabela br.2. Faktori za konverziju jedinica energije u međunarodnoj statistici

IZ:	U:	TJ	Gcal	Mtoe	MBtu	GWh
Teradžul	TJ	1	238.8	$2.388 \times 10^{-5}$	947.8	0.2778
Gigakalorija	Gcal	$4.1868 \times 10^{-3}$	1	$10^{-7}$	3.968	$1.163 \times 10^{-3}$
Mtoe *	Mtoe	$4.1868 \times 10^{-4}$	$10^{-7}$	1	$3.968 \times 10^{-7}$	11630
Miliona Btu	MBtu	$1.0551 \times 10^{-3}$	0.252	$2.52 \times 10^{-8}$	1	$2.931 \times 10^{-4}$
Gigavat sati	GWh	3.6	860	$8.6 \times 10^{-5}$	3412	1

Jedna tona ekvivalentne nafte (toe ili tEN) iznosi 41,868 GJ ili 11,630 MWh električne energije, ili 2 tone kamenog uglja odnosno 5,586 tona sirovog lignite.

5120  
5100  
5080  
5060  
5040  
5020  
5000  
4980  
4960  
4940

7320 7340 7360 7380 7400 7420 7440 7460 7480 7500 7520 7540

**Autorski tim (Authors)**  
Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
Zorica Vukićević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

**Saradnici (Associates)**  
Prof. Dr Mihailo Milivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

**Grafička obrada (Design)**  
Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)



REPUBLIKA SRBIJA  
AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
REPUBLIC OF SERBIA  
AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
ATLAS PRIREDILI (ATLAS PREPARED BY)  
Departman za hidrogeologiju Rudarsko - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

# GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

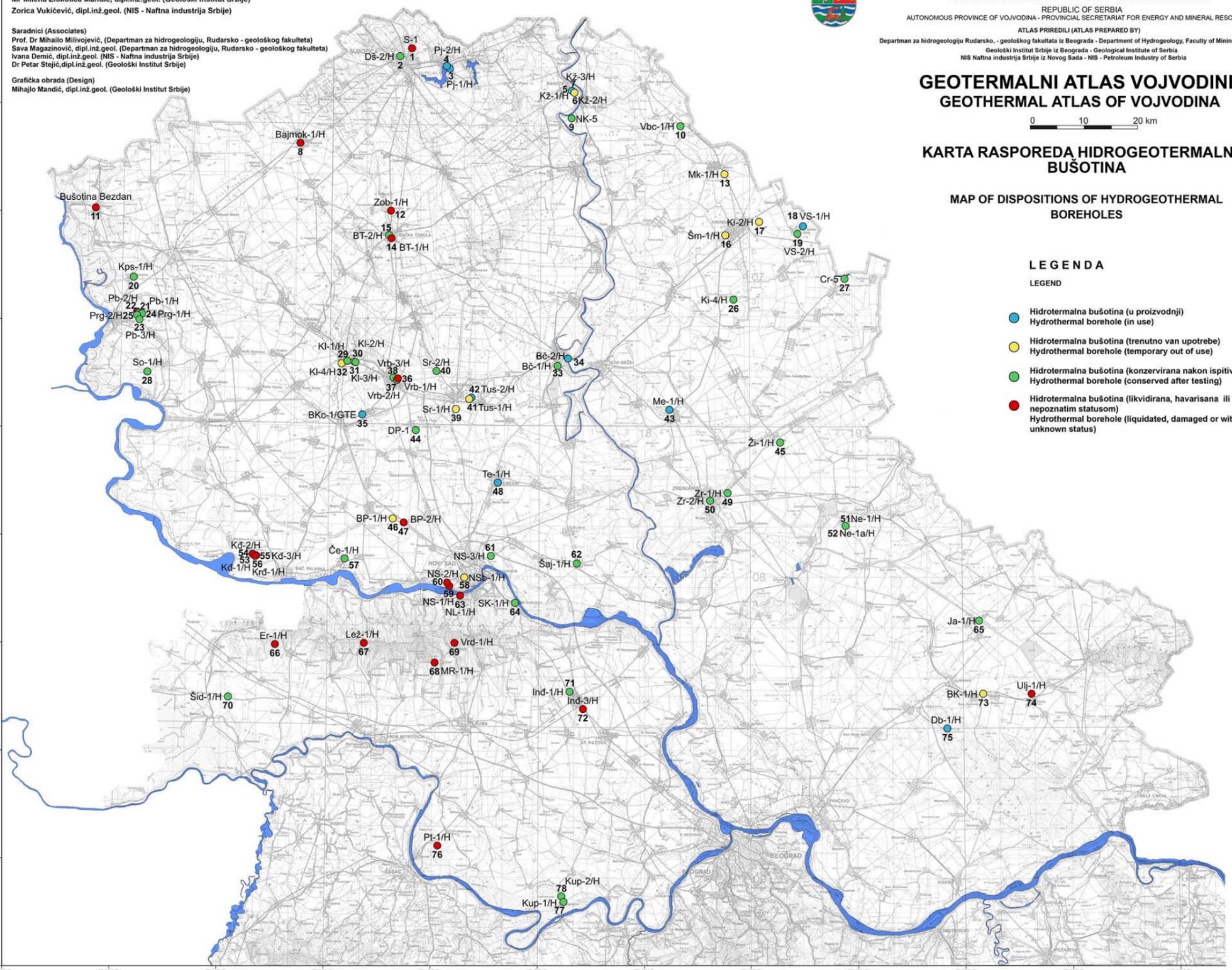


## KARTA RASPOREDA HIDROGEOTERMALNIH BUŠOTINA

MAP OF DISPOSITIONS OF HYDROGEOTHERMAL  
BOREHOLES

### LEGENDA

- LEGEND
- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
  - Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
  - Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
  - Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)



Autorski tim (Authors)  
 Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Mr Milena Zlokočica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
 Zorica Vukičević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

Saradnici (Associates)  
 Prof. Dr Mihailo Milivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
 Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

Grafička obrada (Design)  
 Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)



REPUBLIKA SRBIJA  
 AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
 POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
 REPUBLIC OF SERBIA  
 AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
 ATLAS PRIPREDILI (ATLAS PREPARED BY)  
 Departman za hidrogeologiju Rudarsko - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
 Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
 NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

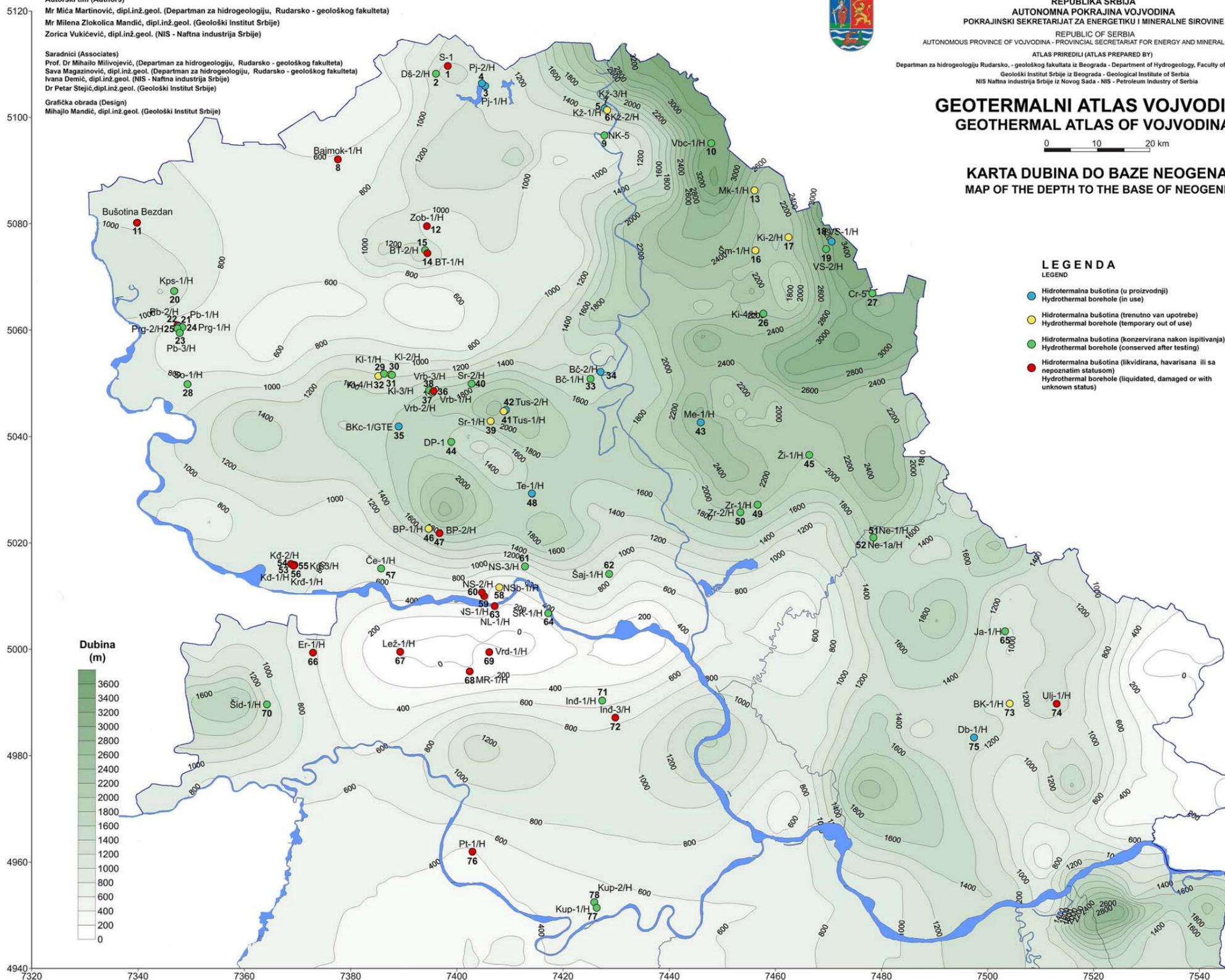
## GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

0 10 20 km

### KARTA DUBINA DO BAZE NEOGENA MAP OF THE DEPTH TO THE BASE OF NEOGENE

#### LEGENDA

- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
- Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
- Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
- Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)



5120  
5100  
5080  
5060  
5040  
5020  
5000  
4980  
4960  
4940

7320 7340 7360 7380 7400 7420 7440 7460 7480 7500 7520 7540

**Autorski tim (Authors)**  
 Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
 Zorica Vukićević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

**Saradnici (Associates)**  
 Prof. Dr Mihaljo Milivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
 Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

**Grafička obrada (Design)**  
 Mihaljo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

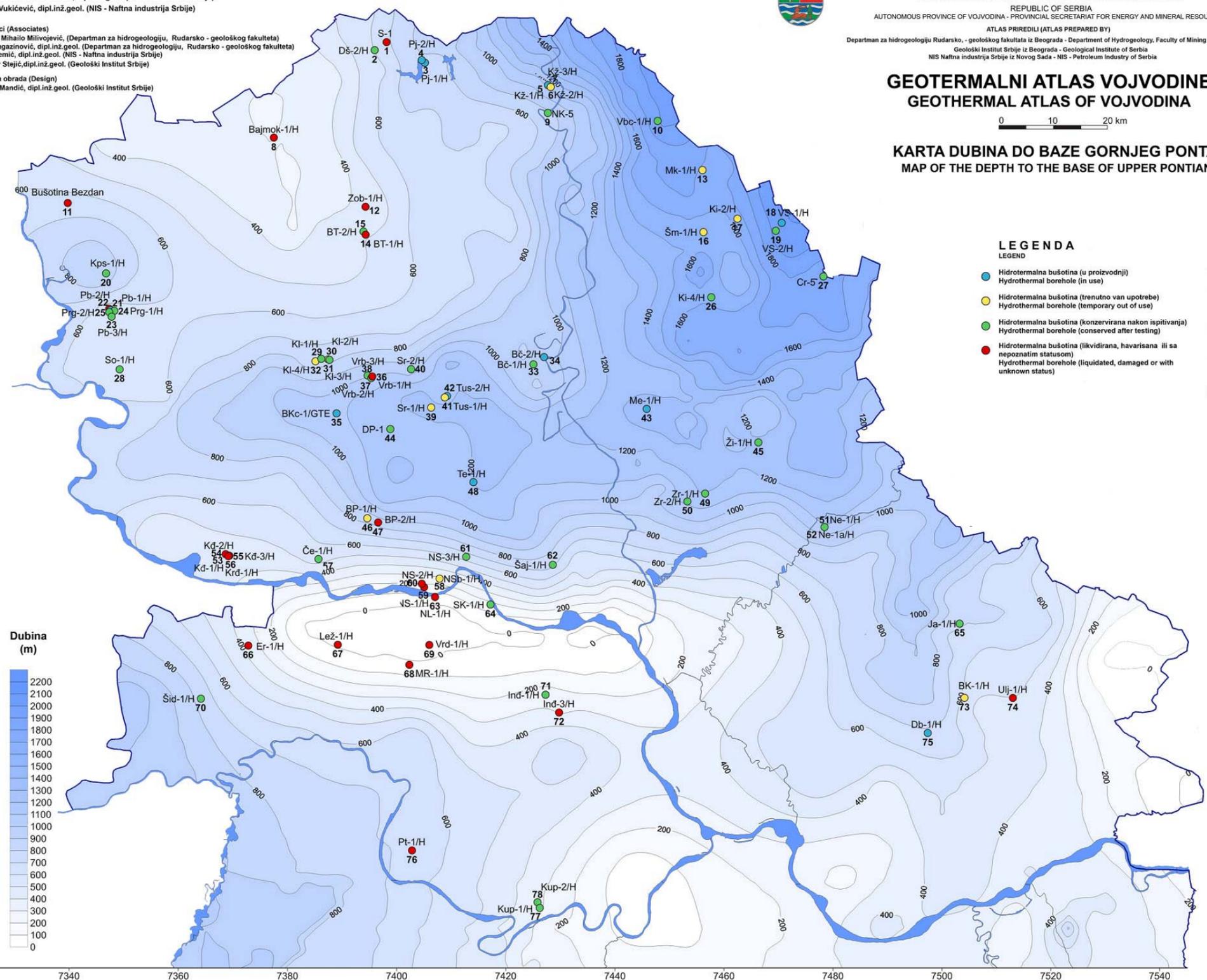


REPUBLIKA SRBIJA  
 AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
 POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
 REPUBLIC OF SERBIA  
 AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
 ATLAS PRIPREDILJ (ATLAS PREPARED BY)  
 Departman za hidrogeologiju Rudarsko, - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
 Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
 NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

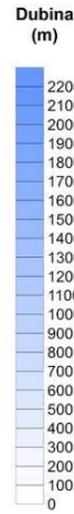
**GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE  
 GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA**



**KARTA DUBINA DO BAZE GORNJEG PONTA  
 MAP OF THE DEPTH TO THE BASE OF UPPER PONTIAN**



- LEGENDA**  
 LEGEND
- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
  - Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
  - Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
  - Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)



**Autorski tim (Authors)**  
**Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)**  
**Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)**  
**Zorica Vukičević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)**

**Saradnici (Associates)**  
**Prof. Dr Mihailo Miliivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)**  
**Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)**  
**Ivana Dedić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)**  
**Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)**

**Grafička obrada (Design)**  
**Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)**



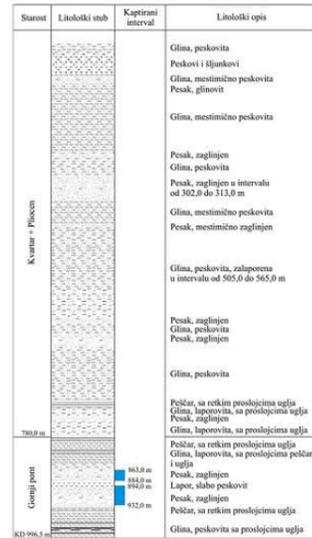
**REPUBLIKA SRBIJA**  
**AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA**  
**POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE**  
**REPUBLIC OF SERBIA**  
**AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES**  
**ATLAS PRIPREDILI (ATLAS PREPARED BY)**  
**Departman za hidrogeologiju Rudarsko, - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology**  
**Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia**  
**NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia**

## GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

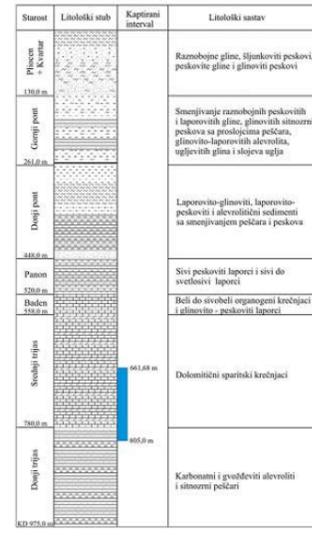
### PROFILI HIDROGEOTERMALNIH BUŠOTINA

#### CROSS SECTIONS OF SELECTED HYDROGEOTHERMAL BOREHOLES

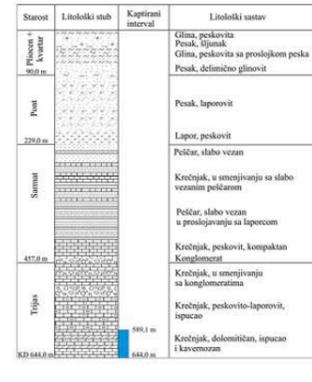
**BKc-1/GTE**



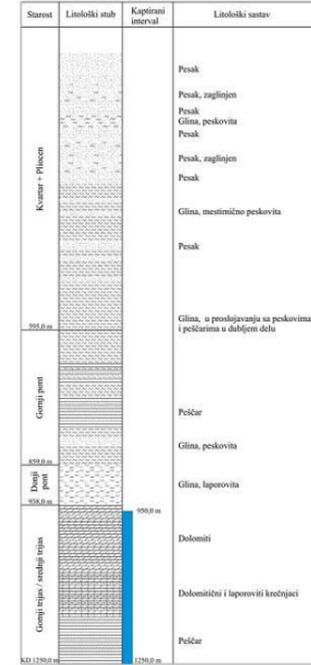
**Ind-1/H**



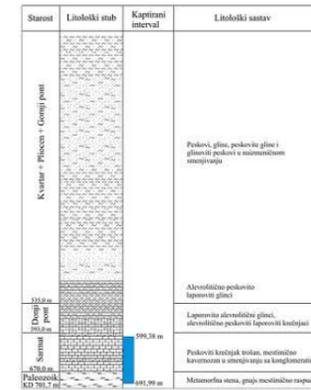
**Kup-1/H**



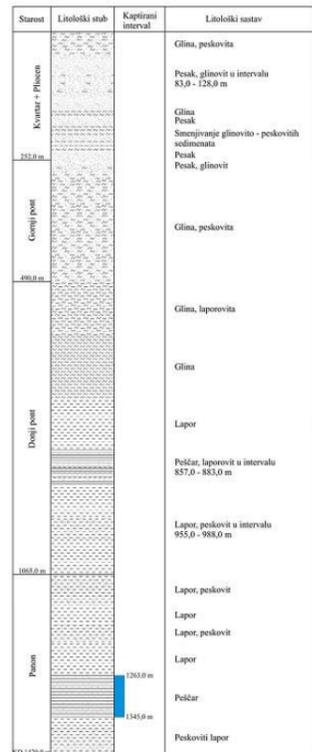
**NK-5**



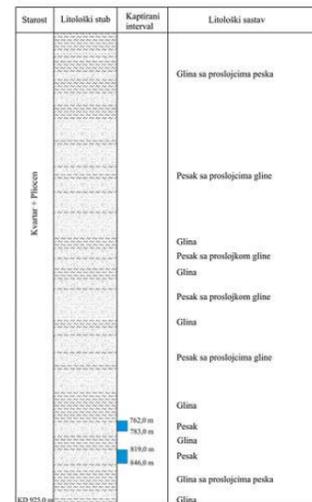
**Pb-1/H**



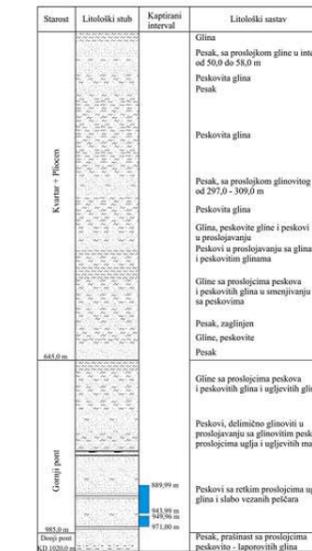
**Ulj-1/H**



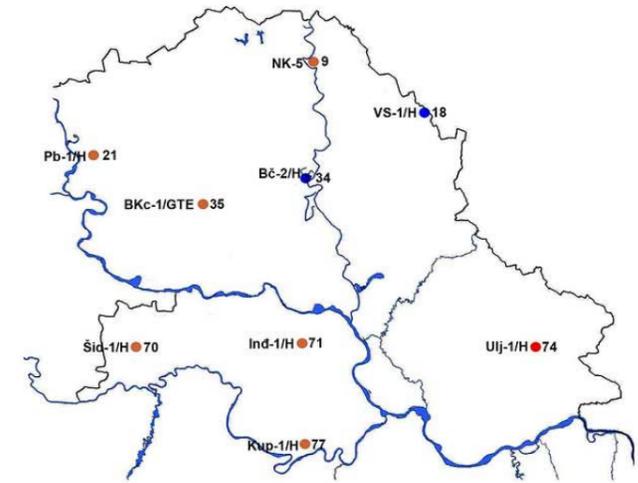
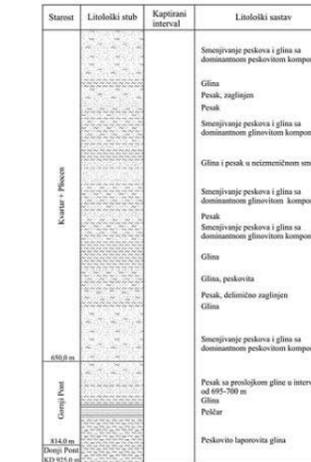
**VS-1/H**



**Bč-2/H**



**Šid-1/H**



**Autorski tim (Authors)**  
 Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Mr Milena Zlokovića Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
 Zorica Vukićević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

**Saradnici (Associates)**  
 Prof. Dr Mihailo Milivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Ivana Demeć, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
 Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

**Grafička obrada (Design)**  
 Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)



REPUBLIKA SRBIJA  
 AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
 POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
 REPUBLIC OF SERBIA  
 AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
 ATLAS PRIPREDILI (ATLAS PREPARED BY)  
 Departman za hidrogeologiju Rudarsko, - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
 Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
 NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

## GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

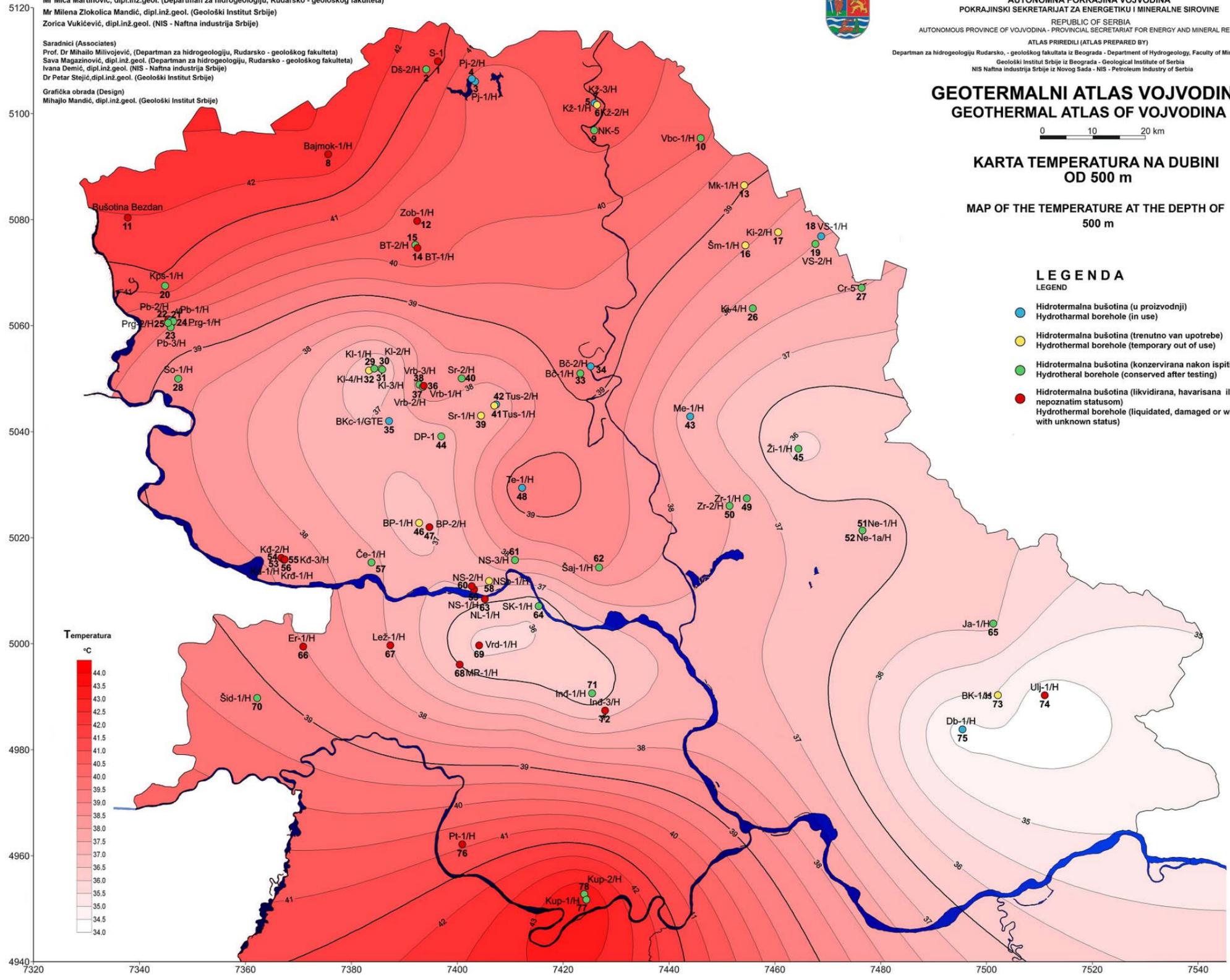


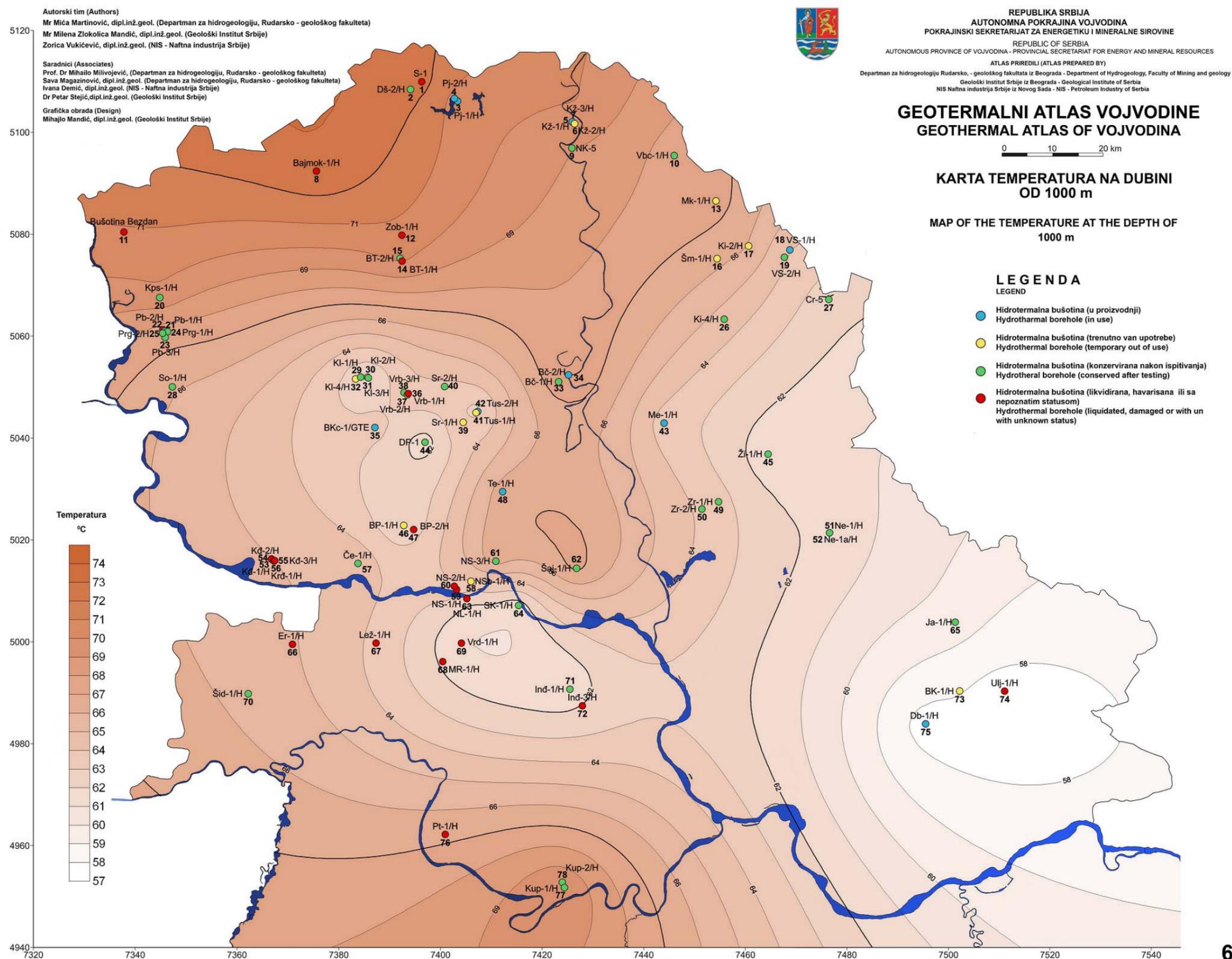
### KARTA TEMPERATURA NA DUBINI OD 500 m

MAP OF THE TEMPERATURE AT THE DEPTH OF  
 500 m

#### LEGENDA

- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
- Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
- Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
- Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)





**Autorski tim (Authors)**  
 Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
 Zorica Vukičević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

**Saradnici (Associates)**  
 Prof. Dr Mihailo Miliivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
 Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

**Grafička obrada (Design)**  
 Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

**Autorski tim (Authors)**  
 Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
 Zorica Vukičević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

**Saradnici (Associates)**  
 Prof. Dr Mihailo Miliivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
 Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

**Grafička obrada (Design)**  
 Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)



REPUBLIKA SRBIJA  
 AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
 POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
 REPUBLIC OF SERBIA  
 AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
 ATLAS PRIPREDILU (ATLAS PREPARED BY)  
 Departman za hidrogeologiju Rudarsko, - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
 Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
 NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

## GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

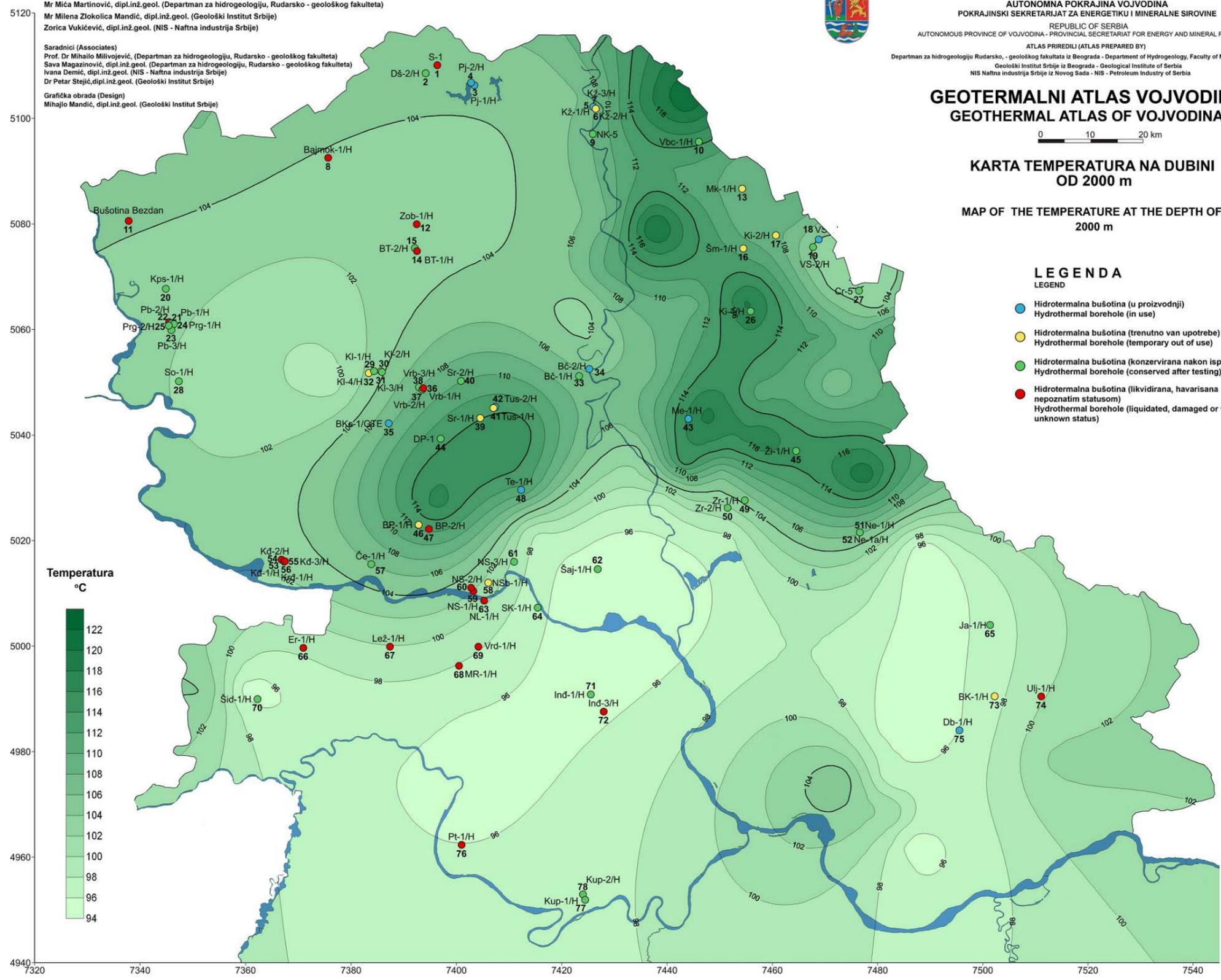


### KARTA TEMPERATURA NA DUBINI OD 2000 m

MAP OF THE TEMPERATURE AT THE DEPTH OF  
 2000 m

#### LEGENDA LEGEND

- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
- Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
- Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
- Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)



Autorski tim (Authors)  
 Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
 Zorica Vukičević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

Saradnici (Associates)  
 Prof. Dr Mihailo Miliivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Ivana Demeć, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
 Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

Grafička obrada (Design)  
 Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)



REPUBLIKA SRBIJA  
 AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
 POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
 REPUBLIC OF SERBIA  
 AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
 ATLAS PRIREDILI (ATLAS PREPARED BY)  
 Departman za hidrogeologiju Rudarsko, - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
 Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
 NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

# GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

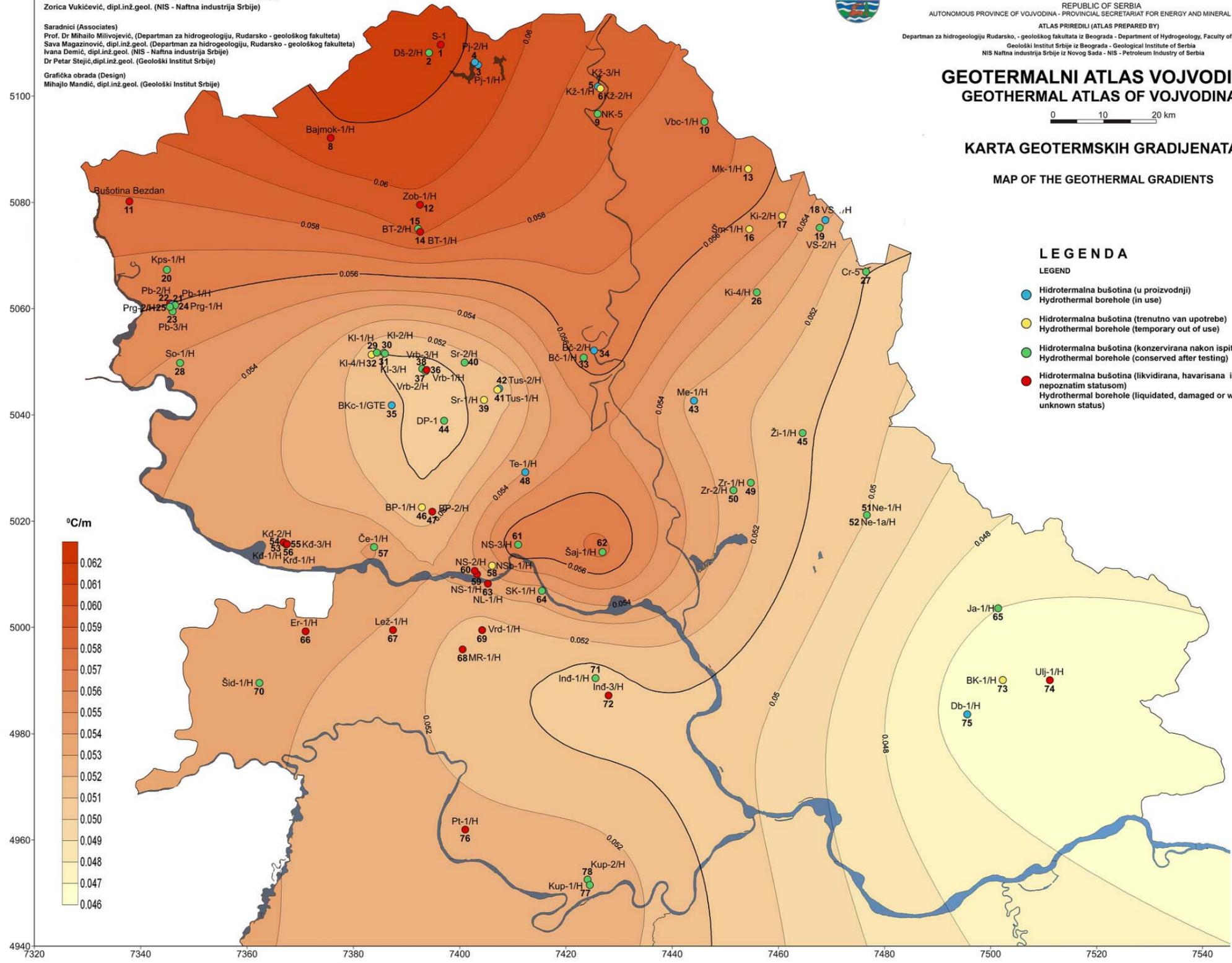


## KARTA GEOTERMALNIH GRADIJENATA MAP OF THE GEOTHERMAL GRADIENTS

MAP OF THE GEOTHERMAL GRADIENTS

### LEGENDA

- LEGEND
- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
  - Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
  - Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
  - Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)



**Autorski tim (Authors)**  
 Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
 Zorica Vukićević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

**Saradnici (Associates)**  
 Prof. Dr Mihailo Milivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
 Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

**Grafička obrada (Design)**  
 Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)



REPUBLIKA SRBIJA  
 AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
 POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
 REPUBLIC OF SERBIA  
 AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
 ATLAS PRIREDILI (ATLAS PREPARED BY)  
 Departman za hidrogeologiju Rudarsko - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
 Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
 NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

## GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

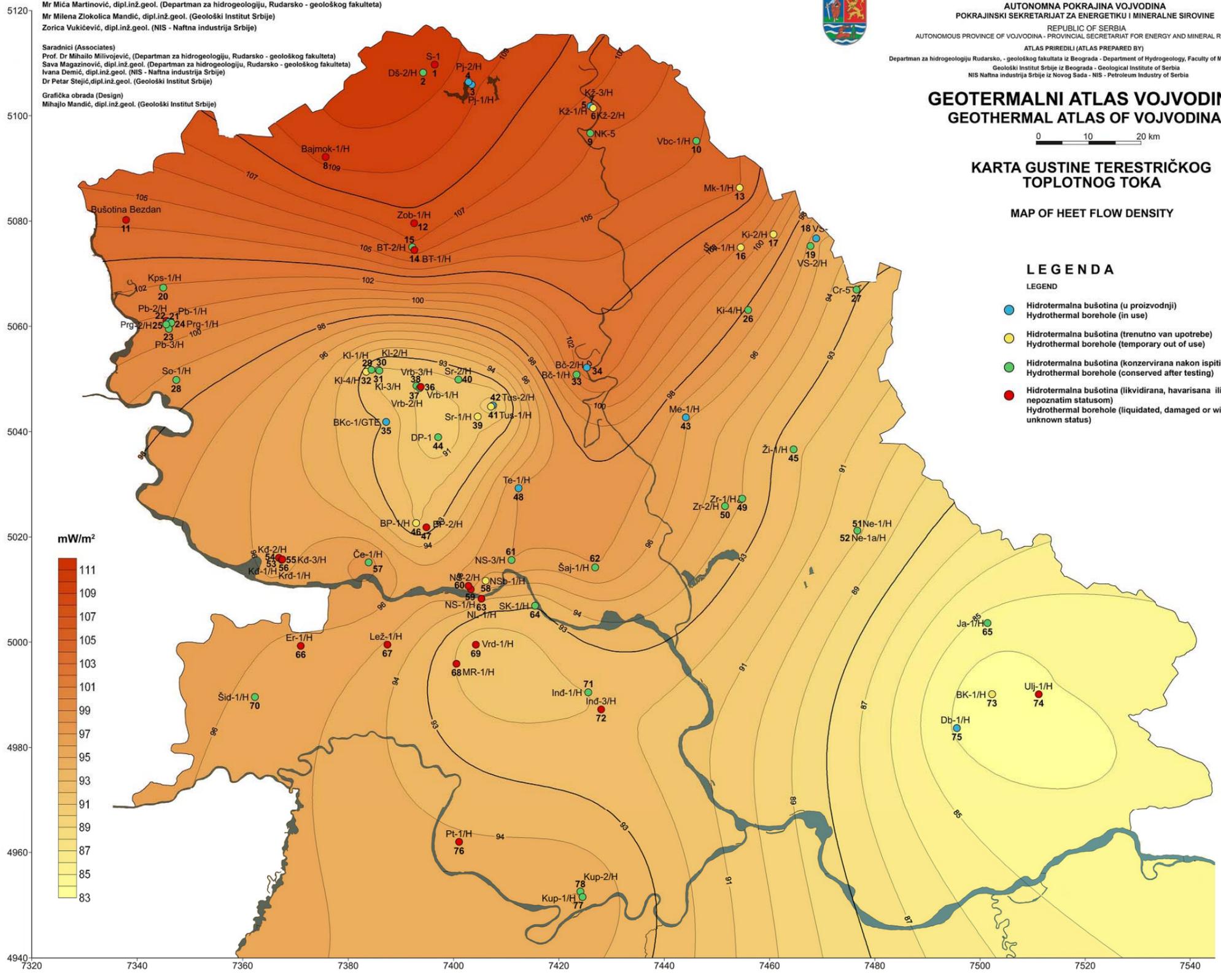


### KARTA GUSTINE TERESTRIČKOG TOPLOTNOG TOKA

MAP OF HEET FLOW DENSITY

#### LEGENDA

- LEGEND
- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
  - Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
  - Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
  - Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)



5120  
5100  
5080  
5060  
5040  
5020  
5000  
4980  
4960  
4940

Autorski tim (Authors)  
Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
Zorica Vukićević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

Saradnici (Associates)  
Prof. Dr Mihailo Milivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

Grafička obrada (Design)  
Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

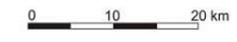


REPUBLIKA SRBIJA  
AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE

REPUBLIC OF SERBIA  
AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES

ATLAS PRIPREDILI (ATLAS PREPARED BY)  
Departman za hidrogeologiju Rudarsko - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

# GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA

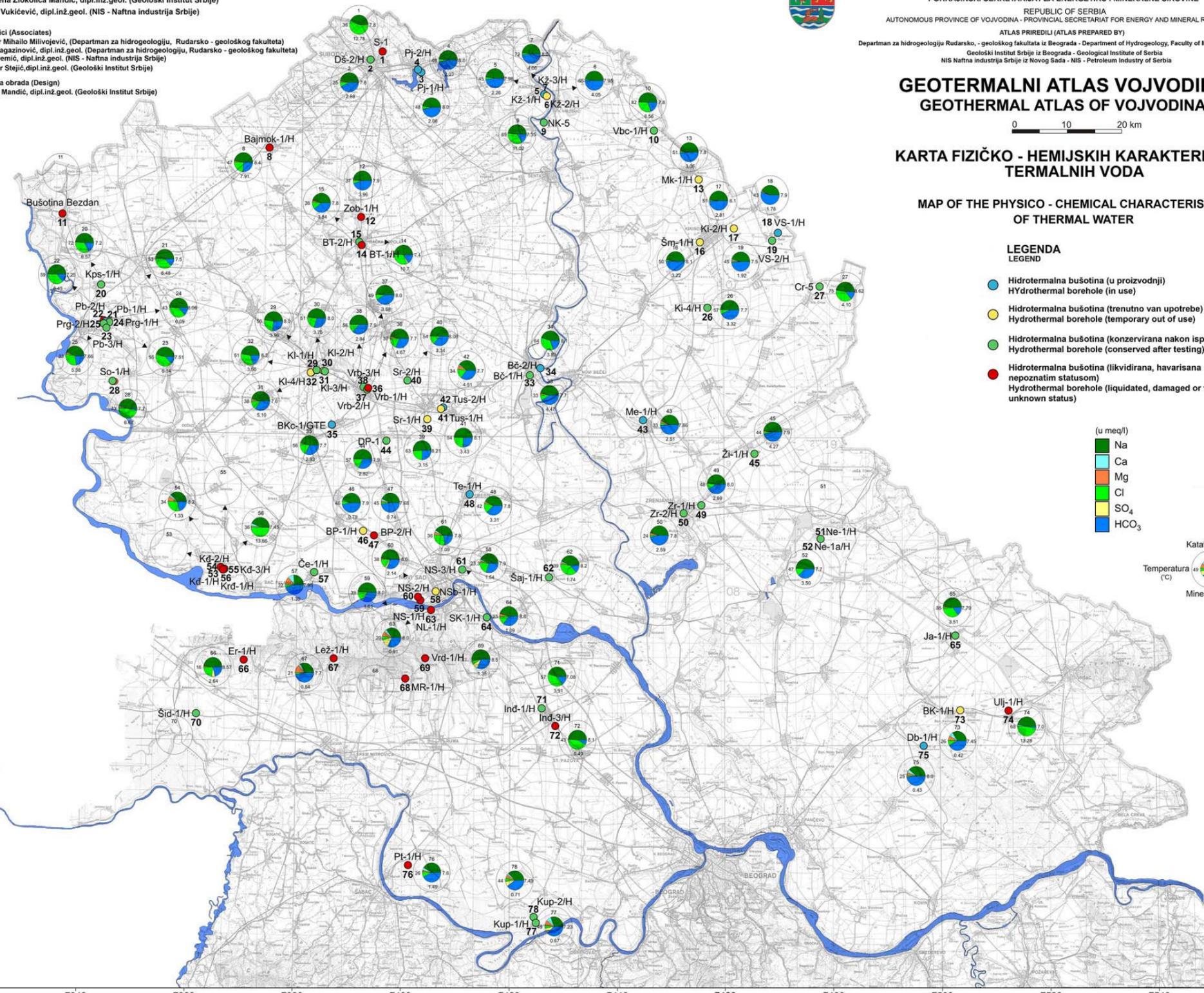
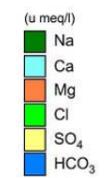


## KARTA FIZIČKO - HEMIJSKIH KARAKTERISTIKA TERMALNIH VODA

MAP OF THE PHYSICO - CHEMICAL CHARACTERISTICS  
OF THERMAL WATER

### LEGENDA LEGEND

- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
- Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
- Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
- Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)



Autorski tim (Authors)  
 Mr Mića Martinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)  
 Zorica Vukićević, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)

Saradnici (Associates)  
 Prof. Dr Mihailo Miliivojević, (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Sava Magazinović, dipl.inž.geol. (Departman za hidrogeologiju, Rudarsko - geološkog fakulteta)  
 Ivana Demić, dipl.inž.geol. (NIS - Naftna industrija Srbije)  
 Dr Petar Stejić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)

Grafička obrada (Design)  
 Mihajlo Mandić, dipl.inž.geol. (Geološki Institut Srbije)



REPUBLIKA SRBIJA  
 AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA  
 POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE  
 REPUBLIC OF SERBIA  
 AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA - PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
 ATLAS PRIREDILI (ATLAS PREPARED BY)  
 Departman za hidrogeologiju Rudarsko, - geološkog fakulteta iz Beograda - Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and geology  
 Geološki Institut Srbije iz Beograda - Geological Institute of Serbia  
 NIS Naftna industrija Srbije iz Novog Sada - NIS - Petroleum Industry of Serbia

## GEOTERMALNI ATLAS VOJVODINE GEOTHERMAL ATLAS OF VOJVODINA



### KARTA HIDROGEOTERMALNIH NALAZIŠTA U EKSPLOATACIJI (Prema podacima iz 2008. godine)

MAP OF HYDROGEOTHERMAL RESOURCES IN USE  
 (according to data from year 2008.)

#### LEGENDA

- LEGEND
- Hidrotermalna bušotina (u proizvodnji)  
Hydrothermal borehole (in use)
  - Hidrotermalna bušotina (trenutno van upotrebe)  
Hydrothermal borehole (temporary out of use)
  - Hidrotermalna bušotina (konzervirana nakon ispitivanja)  
Hydrothermal borehole (conserved after testing)
  - Hidrotermalna bušotina (likvidirana, havarisana ili sa nepoznatim statusom)  
Hydrothermal borehole (liquidated, damaged or with unknown status)

