

## Геотермални потенцијал Републике Српске и могућност коришћења субгеотермалних ресурса ниске енталпије у функцији превенције климатских промјена

Петар Беговић, Бранко Иванковић, Дуња Јосиповић

**Сажетак:** Геотермална енергија представља онај дио топлоте који се може употребити као корисна топлота за њено директно коришћење или за претварање у друге видове енергије. Геотермална и хидрогеотермална енергија јединствени су извори обновљиве енергије, чије су главне предности у лакој и чистом начину коришћења уз релативно једноставну и јефтину технологију.

Груба подјела територије Републике Српске с аспекта потенцијалности геотермалне енергије извршена је на основу постојећих не тако обимних истраживања која су вршена у прошлости и регистрованих појава термалних и термоминералних вода које се јављају на овом подручју. Подјела је извршена на двије драстично различите зоне: зона Спољашњих Динарида, тј. јужни дио територије Републике Српске са релативно слабијим геотермалним карактеристикама, и зона Унутрашњих Динарида и јужног

---

*Цитирање:* Беговић П, Иванковић Б, Јосиповић Д (2023) Геотермални потенцијал Републике Српске и могућност коришћења субгеотермалних ресурса ниске енталпије у функцији превенције климатских промјена. У: Трбић Г, Попов Т, Мирјанић Д (уредници) Управљање природним ресурсима у ери климатских промјена. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LIV:425–447

---

*Cite as:* Begović P, Ivanković B, Josipović D (2023) Geothermal Potential of the Republic of Srpska and the Possibility of Using Low Enthalpic Subgeothermal Resources in the Function of Climate Changes Prevention. In: Trbić G, Popov T, Mirjanić D (eds) Natural Resources Management in a Changing Climate. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LIV:425–447

*дијела Панонског басена, тј. сјеверни и крајњи сјевероисточни дијелови Републике Српске са изузетним геотермалним карактеристикама, нарочито подручје Семберије. Потенцијалност наведених подручја потребно је потврдити детаљним хидрогеолошким систематским истраживањима јер је већина спроведених истраживања до сада била за потребе проналаска и експлоатације нафте.*

*Коришћење геотермалне енергије у Републици Српској и у региону недовољно је заступљено и своди се на бањски туризам и понегдје за топлификацију објеката. Људи још нису на адекватан начин упознати с овим драгоцијеним ресурсом, који умногоме може да супституише необновљиве изворе енергије, а тиме и утиче на очување животне средине и смањење климатских промјена.*

*Кључне ријечи: Обновљиви извори енергије, геотермална енергија, субгеотермални ресурси ниске енталпије, климатске промјене*

## **9.1. Увод**

Обновљиви извори енергије су извори енергије који се добијају из природе и који се могу обнављати у људском вијеку. Њихов нето биланс је увијек позитиван, што указује на чињеницу да је могућа производња увијек већа од потрошње (Миленић и Врањеш 2015). Основна предност обновљиве енергије у односу на остале видове енергије јесте њена нешкодљивост према природи и човјеку, односно заштита животне средине приликом њихове експлоатације. Како савремене климатске промјене пријете да угрозе планету, примјена обновљивих извора енергије у односу на све комерцијалне изворе енергије је најприхватљивија.

Термин „климатске промјене“ користи се када се говори о промјенама у клими које се догађају од почетка XX вијека и сматра се да су климатске промјене настале као продукт човјекових активности, а не као посљедица природних промјена које се дешавају у атмосфери. Климатске промјене највише су условљене емисијом штетних гасова у атмосфери, односно развојем енергетског сектора и индустрије. Европска агенција за животну средину (*European Environment Agency, EEA*) процјенила је да енергетски сектор утиче на преко 80% емисије гасова са ефектом стаклене баште. Највећи емитери штетних гасова су уједно најразвијеније, али и најмногољудније земље (Кина, САД, Европска унија, Индонезија, Индија). Као водећи извори обновљиве енергије на основу степена искоришћености у свијету издвајају се: енергија

биомасе, соларна енергија, енергија вјетра, хидропотенцијал и геотермална енергија. У групу мање искоришћених обновљивих извора енергије спадају: енергија плиме и осеке, енергија морских таласа и струја, као и енергија биогаса. Убједљиво највећи укупни свјетски потенцијал припада соларној енергији, која има потенцијал од 23.000 TW годишње, слиједи је вјетар са 25–27 TW годишње, док сви остали видови обновљиве енергије остварују потенцијал до 10 TW годишње. Геотермална енергија као један од видова обновљиве енергије има потенцијал од 0,3–2 TW годишње (Perez and Perez 2009).

Геотермална енергија представља јединствен извор обновљиве енергије чије се главне предности огледају у лакој начину коришћења уз релативно једноставну и јефтину технологију. Назив „геотермална енергија“ потиче од грчке ријечи *gea* – земља и *termos* – топлота. Једна од општих дефиниција геотермалне енергије у енергетском смислу гласи: „Геотермална енергија представља онај дио геотермалне топлоте који се може употријебити као корисна топлота за њено директно коришћење или претварање у друге видове енергије“ (Миливојевић 1989).

Геотермална енергија представља топлотну енергију која је акумулирана у флуидима и стијенским масама унутар Земљине коре. Потенцијали геотермалне енергије изузетно су велики. Укупна топлота акумулирана у унутрашњости Земље је реда величине  $12,6 \times 10^{24}$  MJ, а у Земљиној кори  $5,4 \times 10^{21}$  MJ (Dickson and Fanelli 2004). Наравно, ова укупна топлотна енергија је лимитирана на зоне гдје геолошки услови то дозвољавају, посебно гдје флуид, тј. вода или водена пара могу да трансферују топлотну енергију из дубоких врелих зона ка површини (Allen et al. 2003). Укупна просјечна густина топлотног флукса<sup>1</sup> који потиче из Земљине унутрашњости износи око  $80 \text{ mW m}^{-2}$ . Ова топлота потиче највећим дијелом од температуре Земљиног језгра ( $4.000 \text{ }^\circ\text{C}$  на  $6.000$  км дубине), као и радиоактивног распадања стијена и дугоживећих изотопа урана, торијума и калијума. Доказе о Земљиној топлоти дају вулкани, топли извори и друге геотермалне појаве.

Пренос геотермалне топлотне енергије врши се на два начина: кондукцијом и конвекцијом. Топлотна кондукција представља процес којим се топлота шири кроз чврсте материје, течности или гасове у процесима молекуларне интеракције. Вриједност Земљиног кондуктивног топлотног тока процијењена је на око 31 TW, што је скоро половина од укупне количине топлоте која долази из унутрашњости Земље. Топлотна конвекција представља процес при којем топлота тече кретањем маса молекула флуида са једног мјеста на друго.

---

<sup>1</sup> Топлотни флукс представља брзину преношења топлотне енергије.

Транспорт топлоте који се јавља усљед особине флуида за кретањем јесте конвекција.

Кретање магме типичан је примјер конвективног преноса топлоте (Тркуља и Веговић 2008). Преношењем топлоте из Земљиног језгра топе се стијене у Земљином омотачу и формира се магма. Магма се даље креће према Земљиној кори, носећи топлоту конвективним преносом. Она може тећи као лава, мирно или експлозивно избијајући на површину Земље, или може остати испод површине терена, гријући околне стијене и подземне воде. Загријане подземне воде на овај начин кроз расједне зоне излазе на површину у виду топлих извора или гејзира, али углавном већи дио ових вода остаје заробљен у Земљиној кори, гдје се формирају геотермални резервоари. Под нормалним условима, на дубинама од 1 км до 1,5 км очекивана температура воде је од 30 °C до 50 °C, у геотермалним подручјима температура достиже и преко 150 °C. Хладне подземне воде се у оквиру геотермалног резервоара спуштају на веће дубине, загријавају се и иду ка површини терена, гдје се дренирају. На њихово мјесто долазе нове хладне, углавном атмосферске воде и успоставља се цикличност конвективног трансфера топлоте. У плиткој приповршинској геосредини, кондукција кроз минерале или порне средине и конвекција кроз подземне воде јесу два најважнија механизма топлотног тока.

Главни пренос топлоте кроз Земљино језгро, посебно кроз спољашње језгро, јесте конвекција (што је и логично имајући у виду кретање кроз флуидну течну магму), а након уласка у очврсли омотач и кору, кондукција постаје доминантан начин трансфера топлоте. Поред конвекције и кондукције, и зрачење је један од видова преноса топлоте, али је он са аспекта утицаја на подземне воде и геотермалну енергију мање значајан.

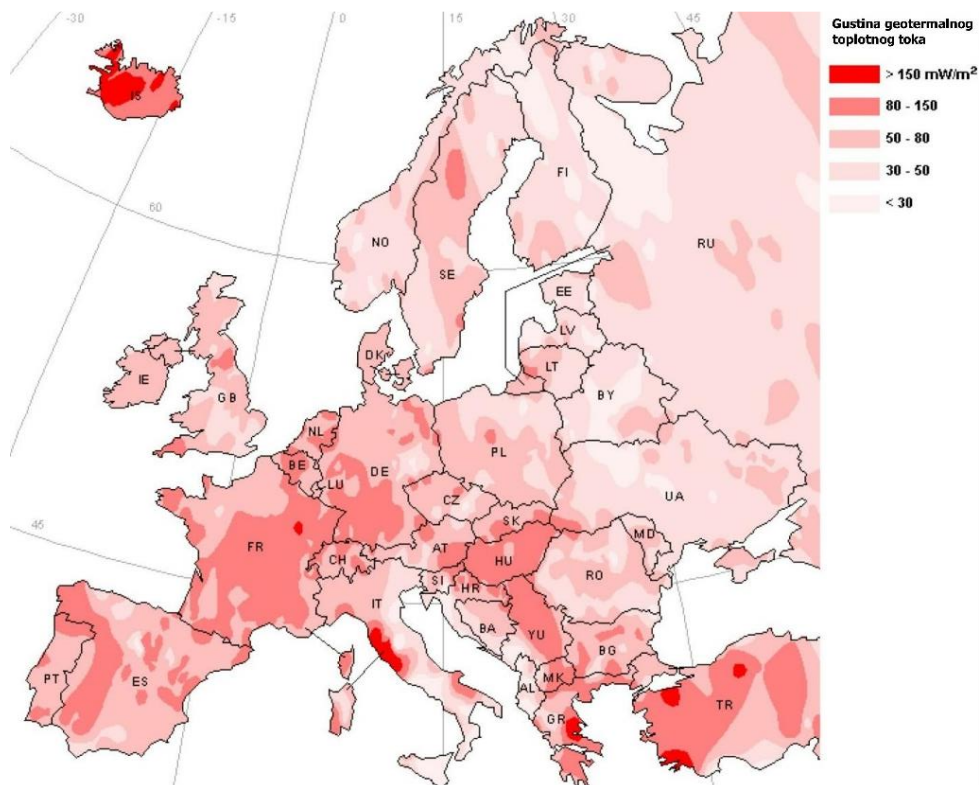
### **9.1.1. Топлотни ток и геотермални градијент**

Топлотни ток, или како се још назива терестрични топлотни ток, представља топлоту која се кондукцијом преноси из Земљине унутрашњости до Земљине површине. Просјечна вриједност Земљиног топлотног тока је реда величине 60–100 mW m<sup>-2</sup>, са глобално упросјеченом вриједношћу од око 87 mW m<sup>-2</sup> (Pollack et al. 1993).

Геотермални градијент представља пораст температуре са дубином Земље. Његова просјечна вриједност је око 2–3,5 °C на 100 м (0,02–0,035 K m<sup>-1</sup>). Прорачун очекиваних температура на неким дубинама коришћењем геотермалног градијента не почиње рачунањем од нуле, већ од средње годишње температуре ваздуха сваког појединачног мјеста на којем се прорачун врши.

Геотермалне карактеристике неког терена, а самим тим и вриједности топлотног тока и геотермалног градијента, зависе од више фактора: дебљине и састава Земљине коре, старости и тектонских активности, врсте магматских процеса, садржаја радиоактивних елемената у стијенама и хидрогеолошких карактеристика.

Максималне вриједности топлотног тока у Европи иду преко  $150 \text{ mW m}^{-2}$ , док се минималне вриједности крећу испод  $30 \text{ mW m}^{-2}$  (Сл. 9.1).



Сл. 9.1. Карта топлотног тока Европе (Hurter and Haenel 2002)

Fig. 9.1. Heat flow map of Europe (Hurter and Haenel 2002)

На основу Сл. 9.1. уочљиво је да се на територији Републике Српске вриједност топлотног тока креће у границама  $50\text{--}80 \text{ mW m}^{-2}$  и  $80\text{--}150 \text{ mW m}^{-2}$  (крајњи сјевероисточни дио Републике Српске). Према искуству сусједних и других земаља у свијету, уложена средства за истраживање геотермалне енергије вишеструко су оправдана, те се у будућности велика пажња мора посветити истраживању геотермалне енергије нарочито бијељинске регије (Беговић и Иванковић 2013).

С обзиром на чињеницу да је енергија основ развоја цивилизације од постанка људског рода, посвећена је и посвећује се изузетно велика пажња производњи свих видова енергије. Општепознато је да се захтјеви за енергијом увећавају из године у годину, као посљедица општег економског развоја, увећања броја становника на планети, увећања броја електричних машина у индустрији и у домаћинствима, скоро свакодневним напретком технологије итд. Све више се, од стране одговорних тијела у међународној заједници, јасно указује, тј. инсистира на неопходности повећања учешћа обновљивих видова енергије: хидроенергије, соларне енергије, енергије вјетра, енергије биомасе, те свакако и геотермалне енергије.

Могућности коришћења геотермалних ресурса у новије вријеме придаје се све већи значај (посебно у смислу могућности производње електричне и топлотне енергије). У свијету је видљиво знатно увећање капацитета за производњу електричне енергије из геотермалних извора, посебно од седамдесетих година прошлог вијека до данашњег дана. Оно што овај извор енергије чини посебним јесте чињеница да геотермална енергија представља обновљив извор енергије, по чему се и разликује од најчешће коришћених фосилних горива (угаљ, нафта, гас, битуминозне стијене) и нуклеарних сировина (уранијум, торијум), чије су резерве ограничене и необновљиве. Посебно треба нагласити еколошку и економску оправданост улагања и коришћења геотермалне енергије, што значи да коришћење није временски ограничено, а има повољан утицај на човјекову – животну средину, што најбоље доказују данашњи трендови повећања учешћа обновљивих и еколошки чистих извора енергије у укупној енергетској производњи.

Резултати досадашњих, прије свих геолошких истраживања, указују на знатно присуство лежишта геотермалне енергије на територији Републике Српске, нарочито у њеном сјеверном дијелу територије (Беговић и Иванковић 2013). Подаци о геотермалним параметрима, односно индикације геотермалне потенцијалности дијелова територије Републике Српске добијени су након бројних геолошких, геофизичких, нафтногеолошких, хидрогеолошких и других истраживања, понекад сасвим споредно. И поред значајне констатоване геотермалне потенцијалности, коришћење потенцијала се до данас своди углавном на балнеолошко-туристичке сврхе. Стога је битно указати на велику апликативност овог вида енергије, која се може користити комплексно и каскадно у различите сврхе. Најраширенија примјена, тренутно код нас и у региону јесте у сврху загријавања, тј. топлификације простора, балнеолошке сврхе, сврхе узгајања агрокултура и аквакултура, у индустријске сврхе као и у сврхе развоја бањског и рекреативног туризма.

У наставку текста се дају предности и недостаци коришћења геотермалних ресурса, а све у циљу њиховог бољег разумијевања (Парађанин и сар. 1995).

Предности коришћења геотермалних ресурса:

- у највећем броју случајева геотермална енергија спада у обновљиве изворе енергије,
- укупни трошкови експлоатације су нижи у односу на друге конвенционалне енергетске изворе,
- ријеч је о чистој и сигурној енергији,
- експлоатација захтијева малу земљишну површину,
- без негативног утицаја на животну средину,
- допринос очувању и штедни фосилних горива, која се могу користити у друге сврхе,
- технолошко надопуњавање бушењем (за нафту и гас) и научним дисциплинама као што су геологија, геофизика, сеизмологија итд.

Ограничења при коришћењу геотермалне енергије:

- знатна иницијална улагања,
- ограничено тржиште услуга на нашим просторима у овој области,
- тешкоће при конверзији и преносу енергије од мјеста захватања ресурса до потрошача,
- неприпремљеност и неповјерљивост инвеститора и конзумента за коришћење овог ресурса као једног вида енергије,
- недостатак финансијских средстава и стручног кадра за програмирање истраживања, истраживање и коришћење ресурса као и заштиту геотермалног ресурса и животне средине.

Све претходно наведено јасно указује на велике могућности коришћења ресурса, али и на неопходност даљег програмирања и пројектовања нових истраживања, уз доистраживања постојећих геотермалних капацитета на територији Републике Српске.

### **9.1.2. Појам и дефиниција геотермалних ресурса и резерви**

Под појмом геотермалних ресурса подразумејева се онај дио расположивог и доступног ресурса који би могао да се експлоатише на економски оправданим и легалним основама у одређеном времену у будућности. Под појмом геотермалних резерви подразумејева се онај дио расположивих и доступних ресурса који се могу тренутно економски оправдано експлоатисати у односу на друге енергетске ресурсе и који су утврђени или доказани

истражним бушењем или другим геохемијским, геофизичким и геолошким методама (Миленић и Врањеш 2015).

Класификација геотермалних ресурса на основу енталпије врши се према температури флуида, односно унутрашњем садржају топлотне енергије. Класификација се врши на: геотермалне ресурсе ниске енталпије код којих је температура флуида мања од 100 °C; геотермалне ресурсе средње енталпије код којих се температура флуида креће у распону 100–200 °C и геотермалне ресурсе високе енталпије код којих температура флуида премашује 200 °C (Benderriter and Cormy 1990).

Геотермални ресурси, тј. геотермални системи, представљају просторе у Земљиној кори гдје се у ограниченом простору, тј. издани (естиферу) акумулира геотермална енергија. Три основна елемента која чине геотермални систем су: извор топлоте, резервоар и флуид који преноси топлоту (Dickson and Fanelli 2004). Извор топлоте може бити магматска интрузија, аномална вриједност геотермалног топлотног тока или пак утицај геотермалног градијента са порастом дубине. Резервоар је представљен водопропусном стијеном из које циркулишући флуид извлачи топлоту – то је заправо издан у којој егзистирају подземне воде, а с обзиром на то да је ријеч о геотермалним водама, та издан се назива естифер. Трећи елемент који чини геотермални ресурс, тј. систем јесте флуид који преноси топлоту, а то су подземне воде. Од свих наведених елемената једино прва компонента, тј. извор топлоте, мора да буде природан, док остала два елемента могу бити формирана вјештачким путем.

У зависности од температуре геотермалног флуида, зависи и могућност примјене у различите сврхе. Геотермална енергија прије свега користи се у сврху добијања топлотне енергије, а при вишим и високим температурама користи се и у сврху добијања електричне енергије. Доња граница која се узима као ограничавајућа за производњу електричне енергије износи 100 °C. Ова подјела је глобално примјенљива, али с обзиром на то да је расподјела геотермалних ресурса неједнака у свијету, многе земље врше подјелу геотермалне енергије на основу температуре флуида у складу са ресурсима који се акумулирају на одређеној територији или региону.

С обзиром на то да је на територији Републике Српске доказано постојање геотермалних ресурса ниске енталпије, тј. постоји велики број термоминералних појава са температуром преко 20 °C, за класификацију термалних ресурса на основу температуре, користи се класификација настала у Републици Србији за потребе квантификовања геотермалних ресурса (Стевановић и сар. 2010; Миленић и Врањеш 2015), а та подјела гласи:

- субгеотермална енергија (до 30 °C),



- геотермални ресурси у ужем смислу (30–100 °C),
- геотермални ресурси температуре преко 100 °C.

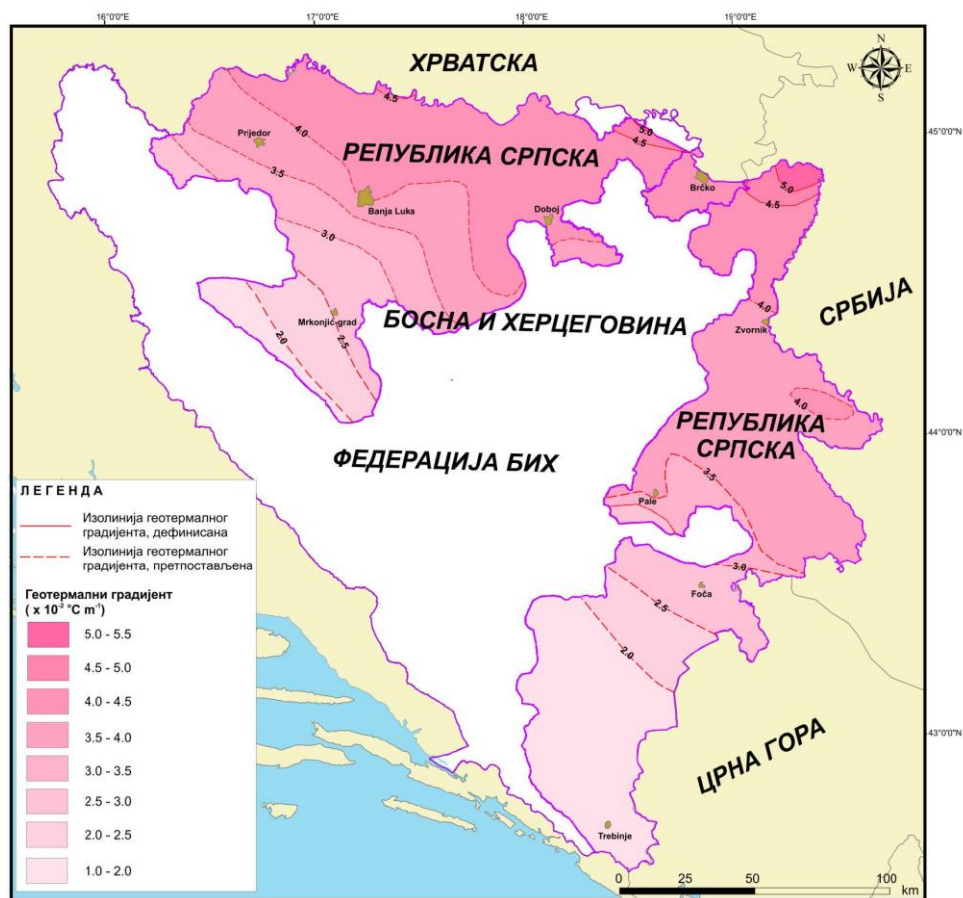
Субгеотермални извори енергије заправо представљају вид хидрогеотермалне енергије ниске енталпије акумулиран у подземним водама чији температурни распон износи до 30 °C и чија су експлоатација и коришћење условљени примјеном геотермалних пумпи (Milenić et al. 2010). Термин *суб* преузет је из латинског језика и користи се у смислу значења *испод*, *близу* и *сл.*, што говори да овај вид енергије представља геотермалну енергију акумулирану на релативно малим дубинама испод Земљине површине. Распољивост субгеотермалних ресурса везана је углавном за дубине до 200–300 м од површине терена и на територији Републике Српске није равномјерно распоређена.

Субгеотермална енергија представља једну мултидисциплинарну област у којој се приликом хидрогеолошких и хидрогеотермалних истраживања која се везују за хидрогеологију и геологију као науку, ангажују и стручњаци машинске, архитектонске, грађевинске као и еколошке струке.

## 9.2. Потенцијали и геотермалне карактеристике Републике Српске

Територија Републике Српске са аспекта геотермалне енергије може се подијелити у двије различите зоне. Јужни дијелови територије Републике Српске представљају зону Спољашњих Динарида и чине око 25% њене укупне територије. На овим подручјима вриједност геотермалног градијента је ниска, око 20 °C км<sup>-1</sup>, тако да је овај дио Републике Српске невелике потенцијалности с аспекта истраживања и коришћења геотермалне енергије. Остатак територије Републике Српске (75%) има нешто већу потенцијалност и веће вриједности геотермалног градијента. У највећем дијелу Унутрашњих Динарида, а нарочито у јужним дијеловима Панонског басена, вриједности геотермалног градијента премашују европску просјечну вриједност, која износи 33 °C км<sup>-1</sup>. У неким дијеловима Панонског басена (Семберија) ова вриједност прелази чак 50 °C км<sup>-1</sup> и тиме се ово подручје сврстава у једно од најперспективнијих у домену геотермалне потенцијалности. Осим ове зоне у сјевероисточним и сјеверним дијеловима Републике Српске, повећане вриједности геотермалног градијента налазе се и у централном дијелу, тачније у зони офиолитског тектонизованог појаса, у којој је регистрован највећи број термалних извора (Чичић и Миошић 1986).

Поред Семберије, која је најзначајнија са аспекта потенцијалности геотермалне енергије у Републици Српској, а уједно и највише истражена, истиче се и бањалучки регион са бројним појавама термалних вода на површини терена. У радијусу од 20 км, у овом региону регистроване су три зоне истицања термалних вода са температуром воде 30–43 °С (бање Шехер, Слатина и Лакташи) (Беговић и Иванковић 2013).



Сл. 9.2. Карта геотермалних градијената Републике Српске (Геолошки завод Републике Српске 2012)

Fig. 9.2. Geothermal gradient map of the Republic of Srpska (Геолошки завод Републике Српске 2012)

Централни дио Републике Српске, који представља зону контакта офиолитског појаса и терцијарних седимената (дуж тзв. „спречанског расједа“), такође је геотермално веома перспективан. Источно и јужно од Добоја регистроване

су термоминералне воде са високим температурама и до чак 40 °C (Беговић и Иванковић 2014а, 2014аб). На Сл. 9.2. приказана је карта геотермалних градијената Републике Српске, на основу које се уочавају геотермално најперспективније зоне (прије свега бијељинска и шира бањалучка регија).

### 9.2.1. Геотермалне карактеристике Семберије

Семберија је регион који се налази на крајњем сјевероистоку Републике Српске. То је равница која је смјештена између двије велике ријеке, Дрине и Саве, те планине Мајевице и представља крајњи јужни обод пространог Панонског басена.

Семберија представља најперспективније геотермално подручје Републике Српске, а уједно и до сада највише геотермално истражено подручје (Јоловић и сар. 2018). На површини од око 200 км<sup>2</sup> избушено је 6 бушотина, а свака је дубља од 1.300 м. Најдубља бушотина је БИЈ-1 дубине 2.479 м, а избушена је давне 1984. године. Ранијим истраживањима је утврђено да Семберија и Мачва (Република Србија) представљају један просторни регионални геотермални аквифер, вјероватно са екстензијама у подручју Срема. Према Миливојевић и Перић (1986), минимално распрострањење овог прекограничног аквифера износи 2.000 км<sup>2</sup>. Приликом бушења у овом региону трагало се прије свега за нафтом, а посредно су се (да не кажемо случајно) добиле информације о постојању геотермалних вода. Прва дубока бушотина (дубине 1.345 м) избушена је на локалитету Дворова 1957. године. И дан-данас је у употреби – температура воде је око 75 °C, а самоизлив износи око 7,5 л с<sup>-1</sup>. Бушотина је завршена у кредним кречњацима. До 1962. године избушене су још двије бушотине С-2 дубине 1.591 м у Поповима и С-3 дубине 1.746 м у Свињаревцу. Овим бушотинама нису регистроване појаве термалних вода. Током 1983. године започето је бушење БИЈ-1; бушотина је завршена на дубини од 2.479 м услед хаварије и није достигла своју предвиђену дубину од 4.000 м. Због хаварије која се десила, воде нису тестиране ни према квалитету ни према квантитету, али се на основу бушења претпоставља да је на дубинама од 2.500 м могуће добити знатну количину воде са температуром преко 100 °C (Миошић 1985). Даље, 1988. започето је бушење прве намјенски геотермалне бушотине ДВ-1, недалеко од бушотине С-1, када су се очекивале температуре и количине веће од оних регистрованих на бушотини С-1, али резултати су били сличних вриједности. Због недостатка материјалних средстава ова бушотина никад није у потпуности завршена, тестирана нити зацијевљена, тако да је конзервирана 1989. године и њен данашњи статус је непознат. Сљедећа бушотина била је ГД-2 на локалитету Слобомир. Бушотина је завршена

на дубини од 1.800 м, прошла је кроз терцијарне седименте и стигла до тријаских карбонатних стијена. Температура воде на устима бушотине износила је 73 °C.

Од горе побројаних бушотина у употреби су само двије: једна је на локалитету бање Дворови, а друга на локалитету Слобомира – и једна и друга недовољно искоришћене с обзиром на потенцијал који нуде.

Изведена истраживања на подручју Семберије с правом нам дају слободу да закључимо да је овај локалитет с изузетним геотермалним карактеристикама, да се на дубинама од преко 1.200 м налазе термалне воде температуре од око 70 °C и да се на дубинама већим од 2.500 м очекују воде температуре преко 100 °C, које као такве већ спадају у геотермалне ресурсе средње енталпије (100–200 °C) и могу се користити за производњу електричне енергије или топлфикацију знатне површине територије града Бијељине.

### **9.2.2. Геотермалне карактеристике бањалучког региона**

Бањалучки регион захвата површину од неких 96,2 км<sup>2</sup> око ријеке Врбас. Центар града налази се на надморској висини од 163 м и окружен је брдима. Град се налази у долини ријеке Врбас, која се налази на прелазу између високих и ниских планинских подручја. Највише планине које окружују Бању Луку су: Мањача (1.214 м), Чемерница (1.338 м) и Тисовац (1.173 м). Рељефно припада подручју динарског орогена.

Бањалучки регион представља други по реду регион у Републици Српској кад је у питању перспективност истраживања геотермалне енергије (Begović 2009; Ivanković and Begović 2009; Marković et al. 2009; Ivanković i Begović 2013). На перспективност овог региона указују повећане вриједности геотермалних параметара. Геотермални градијент бањалучке котлине износи око 40 °C км<sup>-1</sup> (изнад европског просјека), а топлотни ток износи 60–70 mW м<sup>-2</sup>. Најважнији показатељ потенцијалности с аспекта геотермалне енергије представљају појаве термалних и термоминералних вода на три локације у близини Бање Луке, тј. у Лакташима, Слатини и Шехеру.

Температура воде у Лакташима на термалном извору износи 30 °C (субгеотермална енергија) и извор има минимални капацитет од 15 л с<sup>-1</sup>, у његовој близини избушене су још двије бушотине Л-1 и Л-2, које дају додатних 30 л с<sup>-1</sup> (Институт за грађевинарство "IG" 2009).

У Слатини је регистрована нешто виша температура воде у односу на Лакташе – 43 °C (геотермална енергија у ужем смислу). Средином осамдесетих година

прошлог вијека на овој локацији избушене су двије бушотине и још једна 2008. године. Најдубља бушотина у Слатини је бушотина СЛ-1, дубине 270 м, а посљедња бушена је СБ-4, дубине 205 м. Ове три бушотине (касније бунари) у паралелном раду дају више од 60 л с<sup>-1</sup>. Набушене воде у Слатини спадају у термоминералне воде са минерализацијом од преко 3,5 г л<sup>-1</sup> и високим садржајем СО<sub>2</sub>. По хемијском саставу воде су сличније онима регистрованим у Теслићу и Сочковцу код Петрова него термалним водама у Лакташима и Шехеру, а разлог томе је што Слатина, као и Теслић и Сочковац, припада офиолитском појасу. Температура воде регистрована у Теслићу износи 30–38 °С, а у Сочковцу 39 °С.

На локалитету Шехер, или како га још називају Српске Топлице, јављају се бројни термални извори, а избушено је и више бушотина средином седамдесетих година прошлог вијека. Температура воде на том локалитету износи 30 °С (субгеотермална енергија), а ова вода је по хемијском саставу доста слична термалној води у Лакташима. Бушотине које су тренутно у функцији на овом локалитету релативно су плитке (47 м и 74 м) и бушене су у тријаским доломитима. Термоминералне воде на локалитету Шехера налазе се у кањону Врбаса, тј. у тектонски уклијешеној зони врбаског расједа уз границу са динарским офиолитским појасом на сјеверу.

Најдубље бушотине које су се бушиле у бањалучком региону нису прелазиле 500 м дубине и стога је услед недовољно података незахвално говорити о примарном аквиферу термалних вода као и резервоару геотермалне енергије; до сада је само утврђено да он постоји, а систематским истраживањима, за које се надамо да ће се десити у ближој будућности, требало би детаљније истражити и утврдити геотермални потенцијал овог региона (Беговић и Иванковић 2014а).

Поред ова два издвојена региона (семберски и бањалучки регион), која су окарактерисана као најпотенцијалнија са аспекта геотермалне енергије, постоје и локалне појаве геотермалних вода повишене температуре у осталим дијеловима територије Републике Српске које завређују пажњу. То су прије свега територија општине Теслић (бања Врућица), Вишеград (бања Вилина влас), Нови Град (бања Љешљани), Прњавор (бања Кулаши), локалитет општине Петрово (Бољанићи – Какмуж) и многи други (Иванковић и сар. 2015; Ivanković i sar. 2015).

### **9.3. Субгеотермални енергетски ресурси ниске енталпије, валоризација и њихов значај**

Оно што може да се закључи на основу бројних појава термалних и термоминералних вода на подручју Републике Српске јесте да одређени дијелови територије, тј. региони, имају велику потенцијалност геотермалне енергије и погодни су за детаљна истраживања и коришћење геотермалних ресурса. Бројне су појаве термалних и термоминералних вода просјечне температуре од око 39–40 °С, што овај геотермални ресурс сврстава у категорију енергетских ресурса ниске енталпије (температура флуида < 100 °С).

Највеће количине расположивих вода су температуре 20–30 °С и оне се налазе у геолошким формацијама дубине до 300 м и представљају субгеотермалне ресурсе ниске енталпије. Насупрот њима, хидрогеотермални ресурси са температурама изнад тих вриједности углавном су везани за магматске и метаморфне масиве (са знатно мањим расположивим резервама вода), али и за дубоке басенске структуре.

Горња температурна граница за субгеотермалне ресурсе (30 °С) узета је као температура изнад које почиње тзв. директно коришћење ресурса, односно то је температура до које се хидрогеотермални ресурси експлоатишу уз помоћ топлотне пумпе.

Значај коришћења субгеотермалних ресурса ниске енталпије огледа се у сљедећем (Миленић и Врањеш 2015):

- подземне воде, као носиоци субгеотермалне енергије ниске енталпије, „лаке“ су за захватање, а енергетски ресурс је јефтин за развој и експлоатацију,
- користи се локално расположиви енергетски обновљив ресурс кроз релативно просту технологију,
- могућа је конверзација фосилних горива енергетски обновљивим извором енергије,
- повећање квалитета стања животне средине кроз смањење односно редукацију емисије штетних гасова попут CO<sub>2</sub>, CO и SO<sub>2</sub>,
- побољшање националног имиџа у јавности и имиџа локалне власти која користи обновљиве енергетске ресурсе,
- финансијска уштеда усљед смањења набавке фосилних горива,
- увођење принципа одрживог развоја, стављање општина на европску мапу градова чија власт улаже и примјењује еколошки приступ планирању будућег развоја,

- коришћење геотермалне енергије се углавном не плаћа, једном добијена дозвола за експлоатацију подземних вода се обнавља.

Потенцијал и резерве многих геотермалних налазишта на простору Републике Српске су неиспитани, те стратегија развоја енергетског сектора Републике Српске треба да се фокусира интензивније на истраживању, а потом и на коришћењу, обновљивих субгеотермалних извора енергије, а нарочито нискотемпературних подземних вода кроз енергетски ефикасне технологије употребом топлотних пумпи. То даље значи да ће сваки хидрогеотермални ресурс са температуром нижом од 30 °C морати да прође кроз систем загријавања, односно подизања температуре уз помоћ топлотне пумпе, али ће и даље бити исплативији у односу на остале видове енергије који су тренутно заступљени у нашој држави и наравно еколошки прихватљиви.

### **9.3.1. Валоризација субхидрогеотермалних ресурса са еколошког аспекта**

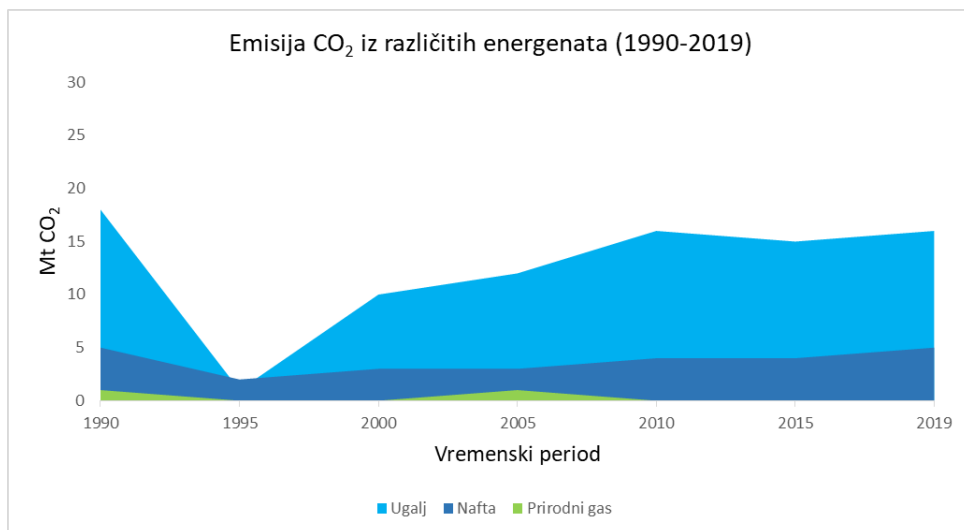
С обзиром на то да смо свакодневно свјedoци да наша планета клизи ка драстичним промјенама климе, примјена било каквих мјера енергетске ефикасности, а нарочито супституција фосилних енергената обновљивим изворима енергије, данас је више него прихватљива и добродошла.

Проблем загађења атмосфере сагоријевањем фосилних горива, пораст емисије CO<sub>2</sub>, ефекат стаклене баште, проширење озонских рупа, мијењање климе те константна нестабилност око цијена и набавке нафте и гаса на свјетском тржишту током посљедњих година, довела је у Европи до рапидне експанзије коришћења одрживих и обновљивих енергетских ресурса. Борба против климатских промјена и максимално смањење њиховог учинка један је од приоритета Европске уније, али и сваке државе понаособ. Климатским промјенама у највећој мјери доприноси човјек и његова свакодневна активност, коришћење фосилних, тј. необновљивих извора енергије, који приликом свог сагоријевања штете планети Земљи, односно атмосфери, хидросфери и биосфери.

Од 1751. године сагоријевањем фосилних горива у атмосфери је емитовано око 337 милијарди тона CO<sub>2</sub>, од чега је скоро половина емитована од средине седамдесетих година прошлог вијека. Највећа икад забиљежена концентрација CO<sub>2</sub> из фосилних горива десила се 2007. године и износила је 8.365 милиона тона (Boden et al. 2010).

Емитовању CO<sub>2</sub> на простору Босне и Херцеговине, тиме и Републике Српске, убједљиво највише доприноси употреба и сагоријевање угља, потом нафтних

деривата, док се на посљедњем мјесту налази емисија CO<sub>2</sub> настала употребом природног гаса. У 2019. години, максимална емисија CO<sub>2</sub> настала употребом и сагоријевањем угља износила је 16 МТ. У 2019. години, 5 МТ CO<sub>2</sub> емитовано је из нафтних енергената, док емисија CO<sub>2</sub> из природног гаса није регистрована јер се природни гас у посљедње вријеме третира као еколошки прихватљив енергетски ресурс. На Сл. 9.3. приказана је емисија штетног угљен-диоксида за читаву територију Босне и Херцеговине и Републике Српске у периоду од 1990. до 2019. године, према подацима преузетим од Међународне агенције за енергију.



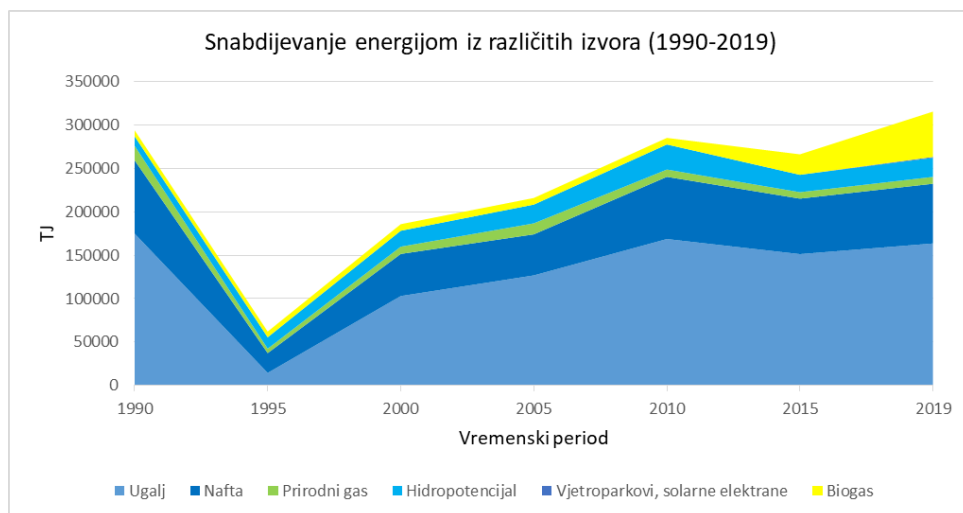
Сл. 9.3. Емисије CO<sub>2</sub> у периоду 1990–2019. године (International Energy Agency 2022)

Fig. 9.3. CO<sub>2</sub> emission by energy sources in 1990–2019 (International Energy Agency 2022)

На Сл. 9.4. даје се приказ снабдијевања енергијом из различитих енергената за период од 1990. до 2019. године на територији Босне и Херцеговине. Убједљиво највише енергије добија се из угља, потом из нафте и нафтних деривата, док се нешто мањи проценат енергије добија из природног гаса. Знатно повећање употребе биогаса као обновљивог извора у производњи енергије уочава се од 2016. године. Тренутно најзначајнији извор обновљиве енергије у Босни и Херцеговини добија се путем искоришћавања снаге већих и мањих ријечних токова – хидропотенцијал, потом искоришћавањем биомасе, тј. биогаса. У 2019. години укупна количина енергије добијена искоришћавањем хидропотенцијала износила је 21.964 ТЈ. Количина енергије добијена из



биомасе за 2019. годину износила је 52.202 TJ. Количина енергије добијена радом вјетроелектрана за 2019. годину износила је 1.022 TJ. Укупна количина енергије добијена из обновљивих извора и даље је знатно мања у односу на енергију добијену из фосилних енергената и не може се очекивати да у скорије вријеме обновљиви извори енергије у потпуности замијене фосилне енергенте, нарочито у индустријској производњи, али је знатна количина смањења штетног CO<sub>2</sub>.



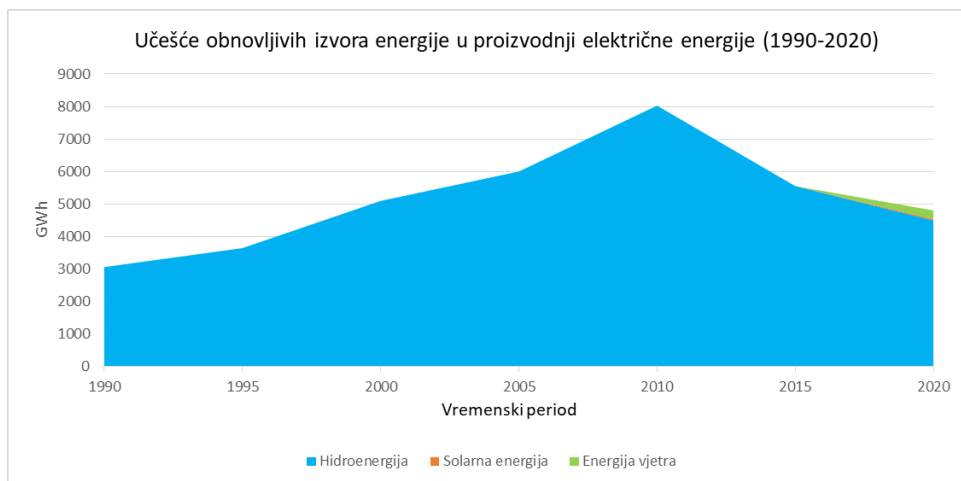
Сл. 9.4. Приказ снабдијевања енергијом из различитих извора у периоду 1990–2019. године (International Energy Agency 2022)

Fig. 9.4. Total energy supply by source in 1990–2019 (International Energy Agency 2022)

Убједљиво највећи емитери CO<sub>2</sub> посљедњих година на нашој територији су сектори за производњу електричне и топлотне енергије, потом индустријска активност и сектор транспорта. Остали емитери су занемарљиви по количинама CO<sub>2</sub> које емитују.

За похвалу је што се од 1990. године па све до 2020. године повећало учешће обновљивих извора енергије (нарочито хидроенергије, потом вјетроенергије и соларне енергије) у производњи електричне енергије. Велики пад овог учешћа у посљедњих десет година десио се 2017. године и износио је свега 18,5%, док је 2020. године учешће било значајно повећано и износило је 35,4%. Соларна енергија почела је да се искоришћава за ову намјену од 2016. године, док је учешће енергије вјетра почело од 2018. године и скоро је дупло веће у односу на соларну енергију (Сл. 9.5). Надамо се да ће се и у будућности проценат обновљивих извора енергије у производњи електричне енергије

повећавати. Биогас, тј. биомаса, највећу употребу има у стварању топлотне енергије и досадашње коришћење у сврху стварања електричне енергије на територији наше земље није познато.



Сл. 9.5. Учешће обновљивих извора енергије у производњи електричне енергије у периоду 1990–2020. године (International Energy Agency 2022)

Fig. 9.5. Renewable electricity generation by sources in 1990–2019 (International Energy Agency 2022)

Коришћењем геотермалних ресурса било за производњу електричне енергије (уколико је то могуће) или за производњу топлотне енергије, емитују се веома мале количине CO<sub>2</sub>, за разлику од технологија код којих се као енергент користи угаљ или нафта.

Поред загађења атмосфере и ваздуха, чији смо свједоци скоро сваког дана, нарочито у периоду зимских мјесеци, велики притисак трпи и хидросфера, тј. површинске, а самим тим и подземне воде, и управо су највећи загађивачи хидросфере из домена енергетског сектора. Живи организми можда највише и реагују на загађење животне средине изазвано коришћењем фосилних енергената. По овом аспекту, просто је питање шта прво изложити: утицај рада термоелектрана и испуштање штетних гасова на околно становништво и утицај на њихово здравље, утицај нуклеарних инцидената на живи свијет, изливања нафте са танкера итд.

Са друге стране, до сада ниједан инцидент везан за угрожавање животне средине није регистрован, нити има могућих предуслова да се деси због

потпуно безопасне технологије истраживања и експлоатације геотермалне енергије, па се лако закључује коју врсту енергената треба бирати и користити у будућности.

Геотермална енергија, поред тога што спада у обновљиве изворе енергије, представља и један од најсигурнијих и најчистијих извора енергије. Можда не може да супституише и потпуно замијени фосилне изворе енергије због простог непостојања геотермалних резервоара у неким дијеловима наше регије, па и свијета, али тамо гдје је има и гдје је њен потенцијал искористив, и више је него препоручљиво њено коришћење.

#### **9.4. Закључак**

Геотермална енергија на територији Републике Српске најзаступљенија – најпотенцијалнија је на подручју Семберије и бањалучког региона, али су због недостатка истраживања у ову сврху тачне вриједности резерви геотермалне енергије још неистражене и недовољно утврђене. Потенцијалност ових подручја потребно је потврдити детаљним геолошким и хидрогеолошким систематским истраживањима, јер је већина спроведених истраживања до сада била за потребе проналаaska и експлоатације нафте и нафтних деривата.

Основна предност геотермалне енергије јесте њена „чиста“ употреба и дистрибуција, без до сада утврђених штетних дејстава на човјека и животну средину. Геотермална енергија као један вид обновљивог извора енергије у почетку изискује већа материјална средства за истраживање и налажење геотермалног ресурса, већа иницијална улагања у хидрогеолошке објекте и пратећу опрему која претвара геотермалну енергију у топлотну енергију, али када се сагледају њене предности коришћења са различитих аспеката, почевши од еколошког па до финансијског, закључује се да је исплативост инвестиције улагања у геотермалну енергију оправдана и да се уложено може повратити у првих 4 до 5 година искоришћавања (некада и мање).

Залагањем за супституисање обновљивих видова енергије у домаћинствима и мањим индустријским објектима (бар када је ријеч о климатизацији објеката), држава, као и сваки појединац, може да допринесе очувању животне средине, а посредно и да утиче на смањење штетних гасова који доприносе климатским промјенама. Климатским промјенама у највећој мјери доприноси човјек и коришћење фосилних, тј. необновљивих извора енергије, који приликом свог сагоријевања штете планети Земљи, тј. атмосфери, хидросфери и биосфери. Стога инсистирање на геотермалним, тј. субгеотермалним изворима енергије, као и свим другим видовима обновљиве

енергије, мора да буде приоритет, прије свега државе и власти, а потом и нас као појединаца.

## Литература

- Allen A, Milenic D, Sikora P (2003) Shallow Gravel Aquifers and the Urban Heat Island Effect: A Source of Low Enthalpy Geothermal Energy. *Geothermics* 32:569–578. doi.10.1016/S0375-6505(03)00063-4
- Begović P (2009) Hidrogeološke karakteristike banjalučke kotline. Међународна конференција о земљотресном инжинjerству 4:247–256
- Беговић П, Иванковић Б (2013) Предстудија и могућности искоришћавања геотермалне енергије ниске енталпије из подземних вода на локалитету кампуса у Бањалуци са приједлогом даљих истраживања. Фондовска документација, Ибис-инжењеринг д.о.о., Бања Лука, стр 27
- Беговић П, Иванковић Б (2014а) Геотермални потенцијал урбаног подручја Српца. Фондовска документација, Ибис-инжењеринг д.о.о., Бања Лука, стр 8
- Беговић П, Иванковић Б (2014б) Извјештај о геолошком саставу тла и геотермалном потенцијалу локације Дома Омладине у Српцу. Ибис-инжењеринг д.о.о., Бања Лука, стр 16
- Benderriter Y, Cormy G (1990) Possible Approach to Geothermal Research and Relative Costs. In: Dickson MH, Fanelli M (eds) *Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization*, pp 59–69. UNITAR
- Boden TA, Marland G, Andres RJ (2010) *Global, Regional and National Fossil – Fuel CO2 Emission, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Tennessee, U.S.A.*
- Геолошки завод Републике Српске (2012) Геотермални атлас Републике Српске. Геолошки завод Републике Српске, Зворник, стр 10–17
- Dickson M, Fanelli M (2004) *Geothermal Energy: Utilization and Technology*. Earthscan, pp 204
- Ivanković B, Begović P (2009) Geothermal Potential of the Banja Luka Region. 5th Congress of Balkan Geophysical Society „Geophysics at the Cross-Roads“, International Conference and Technical Exhibition, October 05 – 08, 2008, Belgrade, Balkan Geophysical Society, Association of Geophysicists of Serbia
- Ivanković B, Begović P (2013) Rejonizacija područja Banjaluke prema mogućnosti korišćenja geotermalne energije niske entalpije za potrebe klimatizacije objekata. IX међународни научно-стручни skup „Savremena teorija i praksa u graditeljstvu“, 11 –12. april 2013, Banja Luka, Ministarstvo za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju Republike Srpske, Arhitektonsko – građevinski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Privredna komora Republike Srpske, Zavod za izgradnju a.d. Banja Luka

- Иванковић Б, Беговић П, Бијелић В (2015) Хидрогеолошка анализа утицаја рудника мрког угља и бентонита на термоминералне воде бање Љешљани. У: Бијелић В (уредник) Рударско-геолошки форум Сребреница 2015: Сребреница, 13 – 15. мај 2015. године, Зборник радова „Стање и даљи правци развоја са посебним освртом на приватизацију, концесионарство и легислативу“, стр 139–144. Савез инжењера рудара и геолога Републике Српске
- Ivanković B, Rajak S, Begović P (2015) Klizišta na teritoriji opštine Prnjavor – uzroci pojavljivanja, geotehnička ispitivanja i mogućnost sanacije. I kongres geologa Bosne i Hercegovine sa međunarodnim učešćem, 21 – 23. oktobar 2015, Tuzla, Udruženje geologa u Bosni i Hercegovini
- Институт за грађевинарство "IG" (2009) Студија о геотермалним потенцијалима Републике Српске. Институт за грађевинарство „IG“, Бања Лука, стр. 44
- International Energy Agency (2022) IEA. Доступно на: <https://www.iea.org/>, Приступљено: 20. фебруар 2022
- Јоловић Б, Главаш С, Тохол Н (2018) Анализа сектора топлификације и могућа подршка коришћењем геотермалне енергије. Републички завод за геолошка истраживања Републике Српске, стр 124
- Marković M, Begović P, Pešević D (2009) Ground Water Resources of Lijevče Field as a Potential for Irrigation in Agriculture. WMHE 2009: Eleventh International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, September 01 – 09, 2009, Ohrid, University of Ss. Cyril and Methodius, Faculty of Civil Engineering, Department of Hydraulics, Hydrology and River Engineering, pp 721–728
- Milenić D, Vasiljević P, Vranješ A (2010) Criteria for Use of Groundwater as Renewable Energy Source in Geothermal Heat Pump Systems for Building Heating/Cooling Purposes. Energy and Buildings 42(5):649–657. doi.10.1016/j.enbuild.2009.11.002
- Миленић Д, Врањеш А (2015) Истраживање и валоризација субгеотермалних енергетских ресурса. Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, стр 457
- Миљивојевић М, Перић Ј (1986) Геотермална потенцијалност Мачве, Семберије и Срема. XI Конгрес геолога Југославије, књига 5, Српско геолошко друштво (Комитет за геофизику) СИТГМСЈ, Београд
- Миљивојевић М (1989) Оцена геотермалних ресурса територије СР Србије ван територија САП. Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд, стр 458
- Миошић Н (1985) Елаборат о геотермалним истраживањима дубоке истражне бушотине на нафту и плин БИЈ-1.
- Парађанин Љ, Ђајић Н, Солеша М (1995) Производња и коришћење геотермалне енергије. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, стр 578

- Perez R, Perez M (2009) A Fundamental Look at Energy Reserves for the Planet, Draft for Publication in the IEA/SHC Solar update. Доступно на: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fresearch.asrc.albany.edu%2Fpeople%2Ffaculty%2Fperez%2Fkit%2Fpdf%2Fa-fundamental-look-at%2520the-planetary-energy-reserves.pdf&clen=100842&chunk=true>, Приступљено: 20. фебруар 2022
- Pollack H, Hurter SJ, Johnson JR (1993) Earth Flow from the Earth's Interior: Analysis of the Global Data Set. *Reviews of Geophysics* 31(3):267–280. doi.10.1029/93RG01249
- Стевановић З (Руководилац пројекта) (2010) Оптимизација енергетског искоришћавања субгеотермалних водних ресурса (18008), Пројекат технолошког развоја Министарства науке и технолошког развоја, Београд (трајање Пројекта 2008–2010).
- Trkulja D, Begović P (2008) *Inženjerska geologija i seizmologija u građevinarstvu*. Zavod za izgradnju, Banja Luka, str 218
- Hurter S, Haenel R (2002) *Atlas of Geothermal Resources in Europe*, Publication No. EUR 17811 of the European Commission. Office for the Official Publications of the European Communities, pp 91
- Чичић С, Миошић Н (1986) Геотермална енергија Босне и Херцеговине. Геоинжењеринг, Сарајево, стр 205

## **Geothermal Potential of the Republic of Srpska and the Possibility of Using Low Enthalpic Subgeothermal Resources in the Function of Climate Changes Prevention**

Petar Begović, Branko Ivanković, Dunja Josipović

### **Summary**

Geothermal energy is the part of the geothermal heat that can be used as a useful heat for its direct use or for the conversion into other forms of energy. Geothermal and hydrogeothermal energy are unique sources of renewable energy whose main advantages are in the easy and clean way of use with relatively simple and cheap technology.

The rough division of the territory of Republic of Srpska, from the aspect of potential geothermal energy, was performed during not so extensive research that were carried out in the past and based on the registered occurrences of thermal and thermomineral water that occurs in this area. The division was made into two drastically different zones, the zone of Outer Dinarides – the southern part of the territory of the Republic of Srpska, with relatively weaker geothermal characteristics and the zone of Inner Dinarides and the southern part of the Pannonian Basin – the northern part of the Republic of Srpska with exceptional geothermal characteristics, especially in the Semberija area. The potential of these areas needs to be confirmed by detailed systematic hydrogeological research because most of the conducted research so far has been for the needs of oil and gas discovery and exploitation.

The usage of geothermal energy in our areas and in the region is insufficiently represented and it is reduced just on the spa tourism and in some places for heating facilities, people are still not adequately introduced with this valuable resource that can largely replace nonrenewable energy and thus affect the preservation of the environment and the reduction of climate change.

*Keywords:* Renewable energy geothermal energy, subgeothermal sources of low enthalpy, climate change

