

Istraživanje i valorizacija subgeotermalnih energetske resursa

Dejan Milenić, Ana Vranješ



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Istraživanje i valorizacija subgeotermalnih energetske resursa | Dejan Milenić, Ana Vranješ | | 2015 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006204>

IZVODI IZ RECENZIJE

„...Monografija predstavlja celovito i originalno kvalitetno naučno delo koje treba da omogući širokom krugu stručnjaka nova znanja iz oblasti istraživanja, eksploatacije i korišćenja obnovljivih izvora energije, posebno subgeotermalnih resursa.

...Opšta je ocena da su autori izuzetno uspešno odgovorili na složene naučne izazove multidisciplinarnih istraživanja, i da su uspeali da po prvi put od početka istraživanja i korišćenja subgeotermalnih resursa u Republici Srbiji, pripreme objedinjen i sveobuhvatan rukopis iz ove naučne oblasti.

...S obzirom da se radi o novoj naučnoj poddisciplini, poseban doprinos ogleda se u razvijanju celovite i sveobuhvatne metodologije subgeotermalnih istraživanja. Pored toga, takođe je po prvi put proračunat energetski potencijal i predstavljena valorizacija i kvantifikacija subgeotermalnih resursa u Srbiji, na osnovu koje je dokazan izuzetan energetski potencijal podzemnih voda i stenskih masa temperature do 30°C.

...Na osnovu iznetog, Komisija posebno predlaže nadležnim institucijama inoviranje i dopunu bilansnih elemenata energetske politike Republike Srbije.

...Imajući u vidu izuzetan naučni doprinos, Komisija predlaže da se Monografija kategoriše kategorijom M41 - Istaknuta Monografija nacionalnog značaja...”

Prof. dr Dejan Milenić zaposlen je na Rudarsko-geološkom fakultetu od 1995. godine. Doktorirao je na Nacionalnom Univerzitetu Republike Irske 2004. godine. Predaje na Departmanu za Hidrogeologiju. Do sada je objavio preko 120 naučnih i stručnih radova i rukovodio i učestvovao u realizaciji preko 200 međunarodnih i domaćih projekata. Dobitnik je više nagrada u zemlji i inostranstvu. Rukovodilac je Laboratorije za geotermalnu energiju i energetsku efikasnost.

Dr Ana Vranješ, naučni saradnik, diplomirala i doktorirala je na Rudarsko-geološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Dobitnik je nagrade „Milan Milićević-inženjer geologije” za 2012. godinu. Od 2007. godine angažovana na realizaciji vežbi iz predmeta Geotermalna energija i Projektovanje u Hidrogeologiji. U dosadašnjoj naučnoj karijeri objavila je preko 40 radova, učestvovala je na preko 20 međunarodnih konferencija i učesnik je na više međunarodnih naučnih projekata.



ISTRAŽIVANJE I VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH ENERGETSKIH RESURSA

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DEJAN MILENIĆ
ANA VRANJEŠ

ISTRAŽIVANJE I VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH ENERGETSKIH RESURSA



Beograd, 2015

ISBN 978-86-7352-272-2



9 788673 522722

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

ISTRAŽIVANJE I VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH ENERGETSKIH RESURSA

**Dejan Milenić
Ana Vranješ**

Beograd, 2015

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet

Dejan Milenić, Ana Vranješ

ISTRAŽIVANJE I VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH ENERGETSKIH RESURSA

Recenzenti:

prof dr Zoran Stevanović
prof dr Veselin Dragišić
prof dr Mirko Komatina
prof dr Milica Jovanović-Popović
prof dr Dragoslav Šumarac

Lektura i korektura:

Ana Jovanović

Izdavač:

Rudarsko-geološki fakultet
Beograd, Đušina 7

Za izdavača:

prof dr Ivan Obradović

Štampa:

Grafolik, Beograd

Tiraž:

500

Beograd, 2015

CIP - Каталогизacija у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд
550.367

МИЛЕНИЋ, Дејан, 1969-

Istraživanje i valorizacija subgeotermalnih energetskih resursa / Dejan Milenić, Ana Vranješ. - Beograd :
Rudarsko-geološki fakultet, 2015 (Beograd : Grafolik). - XI, 498 str. : ilustr. ; 24 cm

Na vrhu nasl. str.: Univerzitet u Beogradu. - Tiraž 500. - Bibliografija:
str. 477-491. - Registar.

ISBN 978-86-7352-272-2

1. Врањеш, Ана, 1982- [аутор]

а) Геотермална енергија

COBISS.SR-ID 217744396

SADRŽAJ

PREGOVOR	ix
1. ENERGETIKA I ŽIVOTNA SREDINA – ODNOSI I TRENDOVI U XXI VEKU	1
1.1. IZVORI ENERGIJE NA PLANETI I MEĐUSOBNI ODNOSI	5
1.2. AKTUELNI ENERGETSKI BILANSI I OCENA ENERGETSKOG POTENCIJALA.	17
1.2.1. Osnovne merne jedinice izražavanja energetske bilansa i potencijala	17
1.2.2. Globalno stanje	20
1.2.3. Evropska unija	25
1.2.4. Srbija	29
1.3. POJAM I ZNAČAJ KONCEPTA ENERGETSKE EFIKASNOSTI	33
1.4. UTICAJ ENERGETSKIH IZVORA NA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE I PROCENE KLIMATSKIH PROMENA.	36
2. VRSTE I PODELA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	41
2.1. OSNOVNE DEFINICIJE I PODELE.	41
2.2. TRENDOVI RAZVOJA I KORIŠĆENJE OIE	44
2.3. BIOMASA.	48
2.4. SOLARNA ENERGIJA	49
2.5. ENERGIJA VETRA	52
2.6. HIDROPOTENCIJAL	56
2.6. OSTALI OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	58
3. GEOTERMALNA ENERGIJA I GEOTERMALNI ENERGETSKI RESURSI	63
3.1. POJAM I DEFINICIJA GEOTERMALNE ENERGIJE.	63

3.2. POREKLO I NAČINI PRENOSA GEOTERMALNE ENERGIJE	66
3.2.1. Poreklo geotermalne energije i energetske bilans Zemlje	66
3.2.2. Osnovni načini prenosa toplote	69
3.2.2.1. Kondukcija	70
3.2.2.2. Konvekcija	73
3.2.2.3. Zračenje	76
3.2.3. Terestrični toplotni tok i geotermalni gradijent	78
3.2.4. Osnovni geotermalni parametri.	83
3.3. GEOTERMALNI SISTEMI	87
3.4. GEOTERMALNI RESURSI	90
3.5. KORIŠĆENJE GEOTERMALNIH RESURSA.	97
4. SUBGEOTERMALNA ENERGIJA I SUBGEOTERMALNI ENERGETSKI RESURSI.	107
4.1. DEFINICIJA I ZNAČAJ ISTRAŽIVANJA SUBGEOTERMALNIH ENERGETSKIH RESURSA	108
4.2. ODREĐIVANJE GRANIČNE TEMPERATURE ZA PODELU GEOTERMALNIH RESURSA NISKE ENTALPIJE.	110
4.3. PODELA SUBGEOTERMALNIH ENERGETSKIH RESURSA	113
4.3.1. Sub-hidrogeotermalni resursi	113
4.3.2. Sub-petrogeotermalni resursi	114
4.4. OSNOVNE OBLASTI KORIŠĆENJA SUBGEOTERMALNIH RESURSA	115
4.5. VEZA SUBGEOTERMALNE ENERGIJE SA DRUGIM NAUKAMA I DISCIPLINAMA	117
5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA I NAČINI EKSPLOATACIJE SUBGEOTERMALNE ENERGIJE.	121
5.1. PRIMENJENA KONCEPCIJA I METODOLOGIJA SUBGEOTERMALNIH ISTRAŽIVANJA	121
5.2. METODE GEOTERMALNIH ISTRAŽIVANJA	123
5.2.1. Geotermalne metode.	123
5.2.1.1. Metode određivanja geotermalnih parametara	123
5.2.1.2. Metode određivanja geotermalnih indikatora	126
5.2.1.3. Metode određivanja temperature geotermalnih voda.	127
5.2.1.4. Metode određivanja toplotne provodljivosti stena „thermal response test”	128
5.2.1.5. Metode određivanja raspoložive subgeotermalne energije u podzemnim vodama i geosredini	132
5.2.1.6. Metode određivanja primarne temperature u izdanima (geotermometri)	134
5.2.2. Geološko-hidrogeološke metode.	138
5.2.2.1. Geološko-hidrogeološko kartiranje	138
5.2.2.2. Geofizičke metode	138
5.2.2.3. Metode utvrđivanja podobnosti kvaliteta podzemnih voda za potrebe grejanja/hlađenja	139
5.2.2.4. Metode utvrđivanja postojanja efekta toplotnog ostrva u gradovima.	145
5.2.3. Ostale metode.	151

5.2.3.1. Termovizijske metode u istraživanju subgeotermalnih resursa	151
5.2.3.2. Izrada baza podataka i specijalizovanih softvera u subgeotermalnim istraživanjima	153
5.3. TIPOVI SUBGEOTERMALNIH APLIKACIONIH SISTEMA	155
5.3.1. Otvoreni (<i>open loop</i>) sistem	156
5.3.2. Zatvoreni (<i>closed loop</i>) sistem.	157
5.4. HIDROGEOTERMALNI VODOZAHVATI	157
5.4.1. Izrada vodozahvatnih objekata u različitim hidrogeološkim sredinama	158
5.4.1.1. Aluvijalne sredine	166
5.4.1.2. Neogeni baseni	168
5.4.1.3. Karstni tereni	170
5.4.1.4. Tereni izgrađeni od magmatskih i metamorfnih stena	172
5.4.2. Izrada upojnih bunara	174
5.4.3. Hidrogeološki dubleti	175
5.4.4. Kaskadno i sekundarno korišćenje geotermalnih voda	189
5.4.5. Jednobunarski hidrogeotermalni sistemi	194
5.5. GEOTERMALNE SONDE.	197
5.5.1. Tipovi i vrste geosondi	197
5.5.1.1. Vertikalne geosonde	200
5.5.1.2. Horizontalno položene sonde	202
5.5.1.3. Energetski stubovi (thermal piles).	204
5.5.2. Metodologija izrade simulacionog modela letnjeg i zimskog režima rada geosondi	205
5.5.3. Proračuni određivanja neophodnog broja geosondi	207
5.5.4. Definisanje optimalnog rasporeda geosondi	208
5.5.5. Načini izrade i ugradnje geosondi	209
5.5.5.1. Bušenje	209
5.5.5.2. Ugradnja	210
5.6. JEZERA I REKE KAO ENERGETSKI IZVORI	212
5.7. MORSKE VODE KAO ENERGETSKI IZVORI	215
5.8. TOPLOTNI IZMENJIVAČI.	217
5.8.1. Izbor vrste izmenjivača u odnosu na hemizam podzemnih voda	219
5.9. VRSTE PREDIZOLOVANIH CEVI I NAČINI POVEZIVANJA.	221
5.10. TOPLOTNE PUMPE.	223
5.10.1. Korišćenje toplotnih pumpi u svetu i Srbiji	223
5.10.2. Osnovni principi rada toplotne pumpe	227
5.10.3. Efikasnost i stepen iskorišćenja rada toplotnih pumpi	230
5.10.4. Odabir tipa freona u toplotnim pumpama	236
5.10.5. Pravilno dimenzionisanje i odabir toplotne pumpe	237
5.11. NISKOTEMPERATURNI SISTEMI UNUTRAŠNJIH INSTALACIJA	238
5.11.1. Podno grejanje	239

5.11.2. Zidno grejanje i hlađenje	240
5.11.3. Plafonsko grejanje i hlađenje	241
5.11.4. Temperiranje betonskog jezgra	242
5.11.5. Fan coil uređaji.	244
6. NAČINI KORIŠĆENJA SUBGEOTERMALNE ENERGIJE	245
6.1. OPŠTE ŠEME KORIŠĆENJA OTVORENIH I ZATVORENIH SUBGEOTERMALNIH SISTEMA	245
6.2. STAMBENI OBJEKTI.	248
6.2.1. Porodične kuće	248
6.2.1.1. Primer 1 – bunar	248
6.2.1.2. Primer 2 – geotermalne sonde	249
6.2.2. Objekti kolektivnog stanovanja	251
6.2.2.1. Primer 3 – Zgrada „Amadeo I” u Beogradu	251
6.3. TURISTIČKO-HOTELIJERSKI OBJEKTI.	253
6.3.1. Primer 4 – Hotel „Olimp” na Zlatiboru	253
6.3.2. Primer 5 – Hotel „Novi Sad” u Novom Sadu.	256
6.4. OBJEKTI JAVNE NAMENE	259
6.4.1. Primer 6 – Dečji vrtić u Bloku 67, Novi Beograd.	259
6.4.2. Primer 7 – Dom za decu sa posebnim potrebama – Šekspirova ulica, Beograd	261
6.5. POSLOVNE ZGRADE I OBJEKTI	264
6.5.1. Primer 8 – Objekat „B-5” Novi Beograd	264
6.5.2. Primer 9 – Objekat „ProCredit banka” u Nišu	267
6.6. INDUSTRIJSKI OBJEKTI	270
6.6.1. Primer 10 – Fabrika „Doka Serb” u Šimanovcima	270
6.6.2. Primer 11 – Servisni centar sa upravnom zgradom, „SDT Group”, Dobanovci	272
6.7. GREJANJE OTVORENIH POVRŠINA	274
6.7.1. Primer 12 – Grejanje glavnog trga na Zlatiboru	274
6.7.2. Primer 13 – Grejanje puta na Zlatiboru.	277
6.7.3. Primer 14 – Grejanje mostova	280
6.8. OSTALE NAMENE	282
6.8.1. Primer 15 – Grejanje fudbalskog terena na stadionu Crvene Zvezde „Marakana” u Beogradu	282
7. IZRADA PROJEKTO-TEHNIČKE DOKUMENTACIJE U PROCESU ISTRAŽIVANJA, OCENE I EKSPLOATACIJE SUBGEOTERMALNIH RESURSA	285
7.1. ZAKONSKE OSNOVE ZA PROJEKTOVANJE SUBGEOTERMALNIH ISTRAŽIVANJA	285
7.2. IZRADA PROJEKTO-TEHNIČKE DOKUMENTACIJE ZA SUBGEOTERMALNE PROJEKTE	296
7.3. SPECIFIČNOSTI IZRADA PROJEKTO-TEHNIČKE DOKUMENTACIJE ZA POTREBE SUBGEOTERMALNIH ISTRAŽIVANJA	302
7.4. IZRADA STUDIJA OPRAVDANOSTI I OSTALIH INVESTICIONIH DOKUMENATA	305

8. VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH ENERGETSKIH RESURSA	307
8.1. PRIMENJENA KONCEPCIJA I METODOLOGIJA VALORIZOVANJA SUBGEOTERMALNIH RESURSA	307
8.2. VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH RESURSA SA FINANSIJSKOG ASPEKTA	309
8.3. VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH RESURSA SA ASPEKTA TRGOVINE KVOTAMA	315
8.4. VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH RESURSA SA EKOLOŠKOG ASPEKTA	316
8.5. VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH RESURSA SA ASPEKTA ENERGETSKE EFIKASNOSTI	320
8.6. VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH RESURSA SA NAUČNO-TEHNOLOŠKOG ASPEKTA	321
8.7. VALORIZACIJA SUBGEOTERMALNIH RESURSA U ODNOSU NA OSTALE OIE	323
9. ZNAČAJ KORIŠĆENJA SUBGEOTERMALNE ENERGIJE U ZGRADARSTVU I PROSTORNOM PLANIRANJU.	329
9.1. ANALIZA STAMBENOG FONDA SRBIJE	329
9.2. MERE ZA POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI KORIŠĆENJEM SUBGEOTERMALNE ENERGIJE U ZGRADARSTVU DO 2020.	335
9.3. ENERGETSKI PASOŠ	346
9.4. KORIŠĆENJE SUBGEOTERMALNIH RESURSA U NOVOGRADNJI	349
9.5. KORIŠĆENJE SUBGEOTERMALNIH RESURSA U POSTOJEĆIM OBJEKTIMA	350
9.6. ULOGA SUBGEOTERMALNIH RESURSA U IZRADI PROSTORNIH PLANOVA	354
10. EKOLOŠKI ASPEKTI KORIŠĆENJA SUBGEOTERMALNE ENERGIJE I MOGUĆI GEOHAZARDI	357
10.1. POZITIVNI EFEKTI EKSPLOATACIJE I KORIŠĆENJA SUBGEOTERMALNE ENERGIJE	357
10.2. NEGATIVNI EFEKTI EKSPLOATACIJE I KORIŠĆENJA SUBGEOTERMALNE ENERGIJE	359
10.2.1. Mogući negativni uticaji eksploatacije subgeotermalnih voda na životnu sredinu	359
10.2.2. Mogući geohazardi korišćenjem geosondi.	360
11. SUBGEOTERMALNI POTENCIJAL TERITORIJE REPUBLIKE SRBIJE	361
11.1. PRIMENJENA METODOLOGIJA UTVRĐIVANJA POTENCIJALA	361
11.2. SUBGEOTERMALNI POTENCIJAL PO UPRAVNIM OKRUZIMA U REPUBLICI SRBIJI	376
12. GEOTERMALNI INFORMACIONI SISTEM – GEOTERMIST	457
12.1. PRIMENJENA METODOLOGIJA IZRADA INFORMACIONOG SISTEMA	457
12.2. STRUKTURA GEOTERMISTA PO MODULIMA	462
13. LITERATURA.	477
INDEKS POJMOVA	493

PREDGOVOR

Poslednje decenije XX-og i početak XXI-og veka, obeležile su dramatične promene klimatskih pojava na Zemlji, ubrzano iscrpljivanje fosilnih goriva, prvi „energetski” ratovi i traganje za novim, čistijim i efikasnijim gorivima. Jedan od odgovora na sumorne prognoze u smislu energetske budućnosti planete, nalazi se u ekspanziji korišćenja obnovljivih izvora energije (OIE).

Nove tehnologije, velika konkurencija na tržištu, prihvatljive cene i razvoj svesti o energetskej efikasnosti, učinile su OIE dostupnim daleko širem broju korisnika, ukidajući dotadašnji mit o „ekskluzivnosti” korisnika čistih tehnologija. Danas se skoro petina svih energetskih potreba čovečanstva dobija iz OIE.

Kao što velikom kompetitivnošću polako istiskuju fosilna i nuklearna goriva, i unutar samih OIE dolazi do podele na komplikovana i skupa rešenja sa jedne, i jednostavne i jeftine načine korišćenja sa druge strane. Eksploatacija i korišćenje geotermalnih resursa, posebno geotermalnih resursa niske entalpije pripadaju drugoj, svakako perspektivnijoj grupi.

To se posebno odnosi na subgeotermalne energetske resurse, koji su veliku dostupnost i potpunu valorizaciju doživeli tek razvojem i ekspanzijom korišćenja toplotnih pumpi. Upravo su razvoj toplotnih pumpi i temperatura koju „proizvede”, bili jezičak na vagi koji danas omogućava najširu primenu subgeotermalne energije, najlakše i najjeftinije dostupnog energetskog resursa.

Shvatajući ove činjenice, autori monografije su se još pre desetak godina našli pred dilemom: da li u istraživanju geotermalnih resursa u Srbiji ići za naučnim snovima o dubokim visokotemperaturnim strukturama i realizaciji bušotina dubljih od hiljadu metara ili sagledati realnost i razvijati novu naučnu poddisciplinu koja će uzeti u obzir plitke i „hladne” resurse, ali daleko obimnije i dostupnije.

Odgovor je, kao i uvek, dala praksa i primena. Danas se u Srbiji godišnje izbuši na stotine, možda i hiljade novih, relativno plitkih, bunara i geotermalnih sondi (do 200 m) a desetine hiljada kvadrata se uspešno greje korišćenjem ovih subgeotermalnih resursa. U isto vreme, izvedu se tek jedna ili dve bušotine preko 1 000 m dubine.

Zbog svega navedenog, javila se potreba da se i široj javnosti predstave osnovni pojmovi o istraživanju, eksploataciji i korišćenju subgeotermalnih resursa, što je i bio jedan od glavnih motiva nastanka ove monografije.

Monografija bi trebalo da ima edukativan karakter ne samo za studente viših godina studija, već i za kolege-inženjere svih tehničkih nauka koji su već angažovani u poslovima hidrogeologije i drugih tehničkih disciplina vezanih za subgeotermalne resurse. Paralelno sa tim, kako to obično biva u nas, kao odgovor na izrazito povećane zahteve tržišta za subgeotermalnim istraživanjima, javio se veliki broj priučenih i neobrazovanih, kvazi stručnjaka koji se nameću potencijalnim investitorima agresivnim i dampinškim pristupom. U želji da bar steknu osnovna znanja o našoj struci, i njima namenjujemo ovu knjigu.

Monografija je konceptualno podeljena u 4 dela.

***Prvi deo** predstavlja teoretsku podršku i definisanje osnovnih pojmova iz oblasti energetike i životne sredine, obnovljivih izvora energije uopšte, detaljnog objašnjenja geotermalnih resursa kao i definisanje pojma subgeotermalne energije (poglavlja 1-4).*

***Drugi deo** precizno definiše sve istražne radnje, methodske postupke i procedure u istraživanju, eksploataciji i korišćenju subgeotermalnih energetske resursa. Ovo poglavlje predstavlja bazu, osnovu za svakog inženjera, kroz koje će ovladati detaljnim tehnikama subgeotermalnih istraživanja (poglavlja 5-7).*

***Treći deo** bavi se valorizacijom subgeotermalnih resursa, odnosno njihovim vrednovanjem sa najrazličitijih aspekata poput finansijskih, ekoloških, tehnoloških i sl. Takođe se u ovom poglavlju subgeotermalni resursi svrstavaju i kategorišu prema svim različitim kriterijumima (poglavlje 8).*

***Četvrti deo** se odnosi na analizu efekata korišćenja subgeotermalnih resursa u zgradarstvu, ekološke aspekte korišćenja, kvantifikovanje subgeotermalnog potencijala u Republici kao i predstavljanje prvog geotermalnog informacionog sistema u Srbiji – Geotermist, koji su autori razvili u vidu posebnog softverskog paketa (poglavlja 9-12).*

U knjizi je dat veliki broj primera iz naučne i stručne prakse, kako autora udžbenika (navedeno je preko 50 najznačajnijih), tako i drugih kolega iz zemlje i inostranstva, istraživača i inženjera koje se bave subgeotermalnim resursima (preko 150 referentnih izvora, poglavlje 13). Pored toga, u monografiji se na 510 strana nalazi 285 slika i 64 tabele.

Monografija bi takođe trebalo da predstavlja uvod u daleko šira istraživanja svih vidova geotermalnih resursa u Republici, kako bi se konačno posle 25 godina od prve procene (bez Vojvodine i Kosova i Metohije) konačno završeno, ili u potpunosti kvantifikovali na teritoriji naše države.

Veliki doprinos završnom izgledu knjige dali su recenzenti: prof. dr Zoran Stevanović, prof. dr Veselin Dragišić, prof. dr Mirko Komatina, prof. dr Milica Jovanović-Popović i prof. dr Dragoslav Šumarac. Zahvaljujemo se na detaljnoj analizi rukopisa i korisnim sugestijama za završetak monografije.

Zahvalnost izražavamo našim kolegama i prijateljima iz Centra za obnovljive vodne energetske resurse, odnosno Laboratorije za Geotermalnu energiju: Đuri Milankoviću, Neveni Savić, Nenadu Doroslovcu, Bojanu Dončevu, Marini Jovanović, kao i menadžmentu i inženjerima kompanije Rehau na tehničkoj podršci i pomoći tokom pisanja knjige, Nikoli Ivoševiću, Dušanu Todoroviću, Nebojši Staniću.

Autori se posebno zahvaljuju svojim porodicama na razumevanju, podršci i strpljenju tokom rada na ovom rukopisu.

Na kraju, autori će biti zahvalni na dobronamernim komentarima koji se mogu dostaviti na adresu:

*Prof. dr Dejan Milenić,
Dr Ana Vranješ, naučni saradnik
Rudarsko-geološki fakultet
Departman za hidrogeologiju
Laboratorija za geotermalnu energiju i energetska efikasnost
Đušina 7
11000 Beograd
e-mail: dmilenic@yahoo.ie*

U Beogradu, septembra 2014.