

Nekaj pojasnil k pripombam dr. Polone Kralj na članek »Izvor in kemijska sestava termalnih in termomineralnih vod v Sloveniji«, (Geologija 49/2, 2006)

Andrej LAPANJE

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija

Namen članka »Izvor in kemijska sestava termalnih in termomineralnih vod v Sloveniji«, (Geologija 49/2, 2006) je bil na osnovi arhivskih podatkov prikazati prostorsko porazdelitev geotermalnih virov v Sloveniji in njihove osnovne lastnosti. Izkazalo se je, da sem bil pri pisanju terminološko nedosleden, ter da sem nekatere priimke zapisal napačno. Za slednje se prizadetim opravičujem. V bodoče bom pri tem natančnejši. Napake so nastale nenamerno, kot, predvidevam, tudi dosledno napačno sklanjanje mojega priimka v pripombah dr. Polone Kralj.

V nadaljevanju odgovarjam na nekaj vsebinskih pripomb.

A) Prostorska porazdelitev in osnovne lastnosti geotermalnih virov v Sloveniji

“Avtor navaja, da je namen prispevka prikaz prostorske porazdelitve in osnovnih lastnosti termalnih virov, ki temelji na arhivskih podatkih. Pri tem se avtorju ne zdi pomembno, da je zelo podobna razporeditev (slika 1) 30 lokacij termalnih izvirov in 50 lokacij vrtin s termalno in mineralno vodo v Sloveniji že bila objavljena v delu »Geološke strukture: viri termalnih in mineralnih vod v Sloveniji« (Ravnik et al., 1992), omenjeno sliko pa spremljata tudi tabeli, v katerih je navedena točna lokacija, nadmorska višina, globina vrtine, srednja letna temperatura kraja, temperatura vode na izviru oziroma ustju vrtine, izdatnost, vrsta uporabe in termična moč.”

- a) Zbornik, v katerem je objavljen ta prispevek, omenjam v poglavju Dosedanje raziskave. V literaturi je popolnoma nenamerno izpadel. Tega prispevka pri pripravi svojega članka nisem uporabil, temveč sem podatke poiskal v izvornih objavah in strokovnih poročilih ali pridobil od njihovih lastnikov. Lokacij geotermalnih virov nisem povzemal iz omenjenega zbornika.
- b) Članek »Geološke strukture: viri termalnih in mineralnih vod v Sloveniji«, (Ravnik et al., 1992), v katerem je objavljenih precej napačnih in nepreverjenih števil, odseva stanje, kakršno naj bi bilo v letu 1992. V svojem članku predstavljam stanje v letu 2006, torej 14 let kasneje. V omenjenem članku (Ravnik et al., 1992) je pogosto pretirano ocenjena količina vode, ponekod pa tudi višina temperature in s tem izračunana termična moč (glej npr. Rimske Toplice, Čatež, Laško). Termalni izvir v Zagorju – Toplice je že pred I. svetovno vojno presahnil zaradi poglabljanja rudnika, omenjenih 48 l/s je bilo izmerjenih v rudniku premoga na II. obzorju v 20-tih letih prejšnjega stoletja, termalna izvira v Rimskih Toplicah in v Perišču pri Čatežu sta presahnila zaradi aktiviranja vrtin. Na nekaterih lokacijah pa se današnje ocene razpoložljivosti termalne vode zelo razlikujejo od tistih predvidenih v letu 1992 (npr. Maribor, Vaseno–Sno-

vik, Murska Sobota, Moravske toplice, Ptuj).

- c) V svojem prispevku "Chemical composition of low temperature (< 20–40 °C) thermal waters in Slovenia" (Kralj, Polona, 2004), je avtorica črpala podatke za preglednico 1 z vsemi napakami posredno iz prav tega prispevka (Ravnik et al., 1992) saj citira članek "Geotermalni viri v Sloveniji: njihov potencial in izraba" (Kralj, P., 1999). V tem članku (Kralj, P., 1999) so uporabljeni podatki v tabeli 1 in tabeli 2 v veliki meri prepisani iz članka »Geološke strukture: viri termalnih in mineralnih vod v Sloveniji« (Ravnik et al., 1992), ki pa ni citiran.

B) TDS vs. TDI

"Avtor razloži, da je zaradi nerazpoložljivosti podatkov o količini trdnih snovi v vodah, citiram »... z uporabo programa Aquachem 5.1 (Waterloo Hydrogeologic, Inc., 2006) izračunal količino skupnih raztopljenih snovi (TDS)«, konec citata. TDS (total dissolved solids) je preostanek sušenja na določeni temperaturi, v kolikor pa gre za vsoto koncentracij vseh ionov, ki so bili v danem vzorcu vode analizirani, pa se navadno uporablja izraz TDI (total dissolved ions), (Mazor, 1997)."

Postopek določitve TDS je opisan v navodilih priloženih programu Aquachem 5.1 (Waterloo Hydrogeologic, Inc., 2006). Rezultat izračuna ni TDI.

C) D'Amorejevi parametri in njihova uporabnost

"Tudi sicer v diagramih D'Amorejevih parametrov ne vidim posebno velike uporabnosti za vode v geotermalnih vodonosnikih Murske udorine, predvsem v predterciarni podlagi. Tako, na primer, za vodo iz vrtine Be-2/04 v Benediktu, pokaže diagram D'Amorejevih parametrov klastični tip vodonosnika, čeprav je voda zajeta v dolomitnem marmorju, za vodo iz vrtine Ljut-1 in Peč-1/91 pa metamorfni tip, čeprav sta vodonosni kamnini dolomit oziroma dolomitna breča."

"D'Amorejevi parametri so empirični, on sam je na osnovi številnih kemijskih analiz

vod in kamninske sestave vodonosnika opredelil kot metamorfni tip tisti, ki je bogat z natrijevimi in kloridnimi ioni. Zato D'Amorejevi parametri tudi ne drže za globoke karbonatne vodonosnike v Murski udorini."

Klasifikacija je razvrščanje glede na enake ali podobne lastnosti. D'Amorejevi parametri omogočajo razvrščanje podzemne vode v 4 razrede s pomočjo empirično določenih odnosov (D'Amore et al., 1983). Priča-kuje se, da imajo vode iz litološko podobnih vodonosnikov tudi podobno kemijsko sestavo. To je pravilo, vedno pa obstajajo izjeme, ki jih nobena splošna metoda klasifikacije ali diskriminacije ne more pravilno uvrstiti. In prav tu je smisel, oziroma uporabnost D'Amorejevih parametrov. Opozorijo nas namreč na izjeme, ki v splošnem odstopajo od pravila. Take izjeme, med katere bi lahko uvrstili tako vodo iz vrtine Be-2/04, kot tudi vodo iz vrtin Ljut-1/88 in Peč-1/91, je, če bi hoteli natančno interpretirati njihov nastanek, potrebno skrbno in ciljano raziskati, kar pa ni bil namen preglednega prispevka.

Za vodo iz vrtine Be-2/04 bi težko rekli, da prihaja le iz dolomitnega marmorja, ki nastopa v vrtini v treh globinah, med 1260 in 1275, med 1470 in 1510 m ter med 1825 in 1857 m (Kraljić et al., 2005). D'Amorejeva klasifikacija je neodvisna od naše percepcije. Pri izračunu D'Amorejevih parametrov za kemijsko sestavo te vode se pokaže, da je voda tipa γ , torej kakor da bi imela izvor v klastičnih vodonosnikih. To dejstvo si razlagam s tem, da voda komunicira z dolomitnim marmorji in tudi z blestnikom in da je v kemijskih interakcijah med vodo ter dolomitnim marmorjem in blestnikom nastala takšna sestava vode, kot bi jo vseboval klastičen vodonosnik. V nobenem primeru pa voda ni omejena le na dolomitni marmor znotraj metamorfnega kompleksa. To trditev lahko podkrepim z naslednjimi dejstvi: v terciarnih kamninah, ki ležijo nad metamorfnim kompleksom do globine 800 m, je izmerjen zelo visok temperaturni gradient > 88 °C/km. Podoben gradient je bil izmerjen tudi v vrtini BS-2/76, ki je bila izvrtana 870 m stran od vrtine Be-2/04. Pred dokončanjem vrtine Be-2/04 je bilo zato privzeto, da tako visok temperaturni gradient nastopa tudi v metamorfnem kompleksu. Odgovorni geolog je predvidel tik pred dokončanjem vrtine Be-2/04 na dnu vrtine 125 °C, na ustju vrtine pa 110 °C (Kralj, P., 2004b). Pri črpal-

nem poskusu po končanem vrtanju je bila na ustju vrtnice nato izmerjena temperatura 75 °C (Kraljić et al., 2005). Po dokončanju vrtnice pa so bile v vrtnici večkrat opravljene termometrične meritve (Kraljić et al., 2005), ki so v nasprotju s pričakovani prikazale izredno nizek temperaturni gradient v območju med 800 m in 1850 m, ki dosega le 4,9 °C/km. To dejstvo nakazuje dvojno stvar:

- a) znotraj metamorfnega kompleksa se toplota prenaša s konvekcijskim kroženjem vode po razpokah in prelomnih conah,
- b) zaradi konvekcije v metamorfnem kompleksu je povišan temperaturni gradient v zgoraj ležečih terciarnih sedimentih.

Torej je zaradi konvekcije toplote, ki se lahko odvija le s kroženjem vode, nedvoumno, da voda ni le iz dolomitnega marmorja, ampak je v interakciji tudi z drugimi metamorfnimi kamninami.

Tudi glede vrtin Ljut-1/88 in Peč-1/91 sem mnenja, da je voda v dolomitnih kamninah v teh dveh vrtinah v stiku z metamorfnimi kamninami. Pri tem se moram strinjati s Polono Kralj, ki pravi, da je večji del te vode mlajši od starosti samih kamnin. Debelina dolomitnih kamnin nad metamorfnim podlagom je majhna. Dolomit oz. dolomitna breča v vrtnici Ljut-1/88 je bila navrtana v odseku od 4010 m do 4033 m, torej v debelini 23 m, pod njo je bil navrtan gnajns do končne globine 4048 m, v vrtnici Peč-1 sta dolomit in dolomitno-silikatna breča navrtana med globinami 1915 m in 2030 m. Pod njima je bil navrtan filit. V času več milijonov let je bila komunikacija omogočena skozi tektonske razpoke. Interakcija je bila zelo počasna, vendar je bilo časa za reakcije dovolj.

Č) Geotermometri in njihova uporabnost

“Poleg tega je Pezdič (1999) raziskoval uporabnost geotermometrov za vode v Murski udorini in ugotovil, da je zaradi termodinamičnega neravnotežja njihova uporaba vprašljiva. številna neskladja in odstopanja je opazil predvsem za Na-Ca in Na-K-Ca geotermometre, najboljšo skladnost s podatki opazovanj je ugotovil za izotopske geotermometre.”

Ista neskladja je opisal v zelo dobrem članku že Veselič (1980), pred njim je pogoje za uporabnost geotermometrov zapisal White (1970). Na pomanjkljivosti geotermometrov opozarjam tudi v svojem prispevku na strani 355 in hkrati omenjam njihovo uporabnost za klasifikacijo in diskriminacijo.

D) Mursko – Zalski bazen

“Na drugi strani pa je zaradi pomanjkanja podatkov in ne celostnega študija problematike izposojene ideje nametal kar v en koš. Avtor nastanek drugega tipa vod v Mursko-Zalskem bazenu, ki ga imenuje evolucijski, opisuje v kontekstu spreminjanja sestave vode od Ca-Mg-HCO₃ tipa v plitvejših plasteh do Na-HCO₃ tipa v globljih plasteh, vzrok za to pa je v predvsem v preperevanju glincev in ionski izmenjavi na mineralih glin. Pri tem pa pozablja, da je Murska udorina del artezijskega bazena. O nastanku termalnih in **mineralnih vod** je bilo napisanega že kar nekaj člankov, ki so izšli tudi v tujih revijah (Pezdič, 1991; Pezdič, 1999; Kralj & Kralj, 2000a; Kralj, 2001). Iz dela Kralja (2001) bom povzela samo najbolj bistveno. (Z najglobljih delov Murske udorine se zaradi kompaktacije iztisakajo vode iz osrednjih delov proti robnim, pri čemer se sestava vod spreminja zaradi ohlajanja, spremembe tlaka, kemičnih reakcij s prikamnino (pogosto zaradi prisotnost ogljikovega dioksida, ki močno poveča reaktivnost vod) ali z organsko snovjo. Kjer je litostatični tlak višji od hidrostatskega se vode iztisakajo preko slabo prepustnih, delno litificiranih drobnozrnatih sedimentov, pri čemer ti delujejo kot molekularna sita in filtrirajo ione. Hkrati so v robnih delih Murske udorine plasti pogostejše in močnejše razlomljene in premaknjene, zaradi česar lahko ob prelomnih conah prihaja do naravnega mešanja vod. Kot primer navajam geokemično interpretacijo vod iz vrtin v Murski Soboti, Moravskih Toplicah, Lendavi in Veržeu (slika 4), ki večinoma zajemajo vodo iz vodonosnika Termal I. Voda iz Moravskih Toplic izstopa po vsebnosti kloridnih ionov, zato je bilo to interpretirano kot naravno mešanje vod iz različnih vodonosnih plasti vzdolž prelomnih con, ali pa zaradi tektonskih premikov plasti tako, da sta različna vodonosnika v tektonskem kontaktu. Tudi v robnih delih, kjer je prisotno tudi napajanje s površja, lahko prihaja do mešanja vod. Takšne vode lahko vsebujejo različna razmerja

natrijevih, kalcijevih, magnezijevih, hidro-genkarbonatnih in kloridnih ionov, mednje pa štejemo tudi mineralne vode Ščavniške doline (Kralj, 2001)".

Veliko pripomb se tiče interpretacije kemijskih analiz termalnih in termomineralnih vod s področja Mursko-Zalskega bazena (Fodor et al., 2002). Pri tem je potrebno poudariti, da so interpretacije kemijske sestave in izvora vode s tega območja problematične zaradi:

- a) pomanjkljivo definiranega geološkega modela Mursko-Zalskega bazena in
- b) zaradi načina odvzema vzorcev vode. Ti so največkrat odvzeti na ustju vrtin, ki pogosto zajemajo dve različni geološki formaciji ali več le teh, v katerih nastopajo med seboj različne vode. Na to dejstvo opozarjata tudi P. in Polona Kralj (2000a).

V Mursko-Zalskem bazenu je na osnovi raziskovalnih vrtin in geofizikalnih meritev zadovoljivo rešena le geometrija reliefa predterciarne podlage. To pa ne velja v popolnosti za stratigrafske, sedimentološke in formacijske odnose znotraj terciarnih sedimentov in kamnin, ki bi nudili zadostno oporo za neizpodbitno pravilno interpretacijo razmerja napajanje – iztok v termalnih vodonosnikih in interpretacijo razvoja kemijske sestave vode. Prav tako je zelo slabo poznana tudi notranja zgradba predterciarne podlage, predvsem strukturo – geološke značilnosti. Eden izmed problemov je definiranje geometrije in pomena Rabske prelomne cone, ob kateri je nastal t.i. Radgonski tektonski poljarek, ki je stopničasto pogreznjen (Szabo, 1972). Predpostavljam, da je pojavljanje slatin in mofet v Slovenskih goricah in na območju Nuskove na Goričkem ter pojav CO_2 v vrtinah v Benediktu, v Ščavniški dolini, Bad Radgersburgu, Strukovcih in Radencih genetsko vezano na Rabsko prelomno cono. Podobnega mnenja je bil že Žlebnik (1978).

Nedorečenost geološkega modela dopušča različne interpretacije geoloških, hidrogeoloških in geotermičnih lastnosti tega območja.

Splošno znano je, da znotraj Mursko-Zalskega bazena obstaja vertikalna stratifikacija vodonosnikov, ki se med seboj ločijo po več lastnostih. To ugotovitev povzemata tudi P. in Polona Kralj (2000a, 2000b) ter P. Kralj (2001, 2004a). Pred njima je bilo to

ugotovljeno že v raziskavah za odkrivanje ležišč nafte in plina, v raziskavah za zajem mineralnih, termalnih in termomineralnih voda ter v raziskavah za iskanje podzemnega skladiščenja plina. Pri teh raziskavah je sodelovalo več strokovnjakov (predvsem iz podjetij Ina Naftaplin Lendava, Geološki zavod Ljubljana, Inštitut Jožef Stefan Ljubljana in Radenska Radenci), ki so vsak po svojih močeh prispevali k današnjem poznavanju geologije, hidrogeologije, hidrogeokemije in geotermije Mursko-Zalskega bazena. Poimensko velja omeniti Žlebnika (1974, 1975, 1978), ki ga od kasnejših raziskovalcev citira le Pezdíč (1991).

Po Tothu (1995) je na območju sedimentacijskih bazenov glavna in najpomembnejša gonilna sila toka podzemne vode gravitacija, šele nato sledijo kompaktacija sedimenta, osmoza ter tektonska kompresija. Meteorna voda ponika v porozne sedimente na območju Goriškega in na južnem del Slovenskih goric, od kjer odteka proti območjem z nižjim hidravličnim potencialom. Regionalni tok podzemne vode je razvit le v zgornjem aktivnem vodonosnem sistemu znotraj pliokvartarnih, pliocenskih in zgornjepontijskih sedimentov (v prodih, peskih in peščenih meljih), medtem ko je v spodaj ležečih vodonosnikih voda stagnantna. Tudi tu so izjeme ob močnejših prelomih, predvsem na območju Radencev, kjer predvidevam, da se z natrijem in kloridom bogata voda iz spodaj ležečih vodonosnikov dviga ascendentno proti površju skozi prelomne cone skupaj z ogljikovim dioksidom iz predterciarne podlage, predvsem zaradi razplinjanja. Izvirno področje termomineralnih voda v Pomurju predstavlja širše območje Radencev, možno pa je, da se termalna ali termomineralna voda izliva še kje drugje v kvartarni prod, vendar to do sedaj še ni bilo odkrito. Območje, kjer se regionalni vodonosni sistem prazni, to je območje Radencev, pa je geološko kot tudi hidrogeokemijsko izredno zapleten sistem (Žlebnik, 1978; Pezdíč, 1991). Tu iztekajo stare meteorne vode, ki so pomešane z mladimi meteornimi vodami in z vodo z veliko vsebnostjo Na^+ , Cl^- in CO_2 iz spodnjepontijskih in starejših sedimentov in iz kamnin v različnih razmerjih (Pezdíč, 1991). Reakcija izmenjave Ca^{2+} in Na^+ ionov na mineralih glin v normalnih pogojih v vodonosniku verjetno ni reverzibilna, tako da se pri toku proti površju voda tipa Na-HCO_3 ne spreminja v interakciji s sedimentom nazaj v vodo Ca-Mg-HCO_3 tipa (izjema je seve-

da zopet območje Radencev, kjer so zaradi velike količine CO₂ pomembne druge reakcije, ne pa ionska izmenjava). V članku sem le prikazal osnovne lastnosti termomineralnih vod z območja Radencev, nisem pa se ukvarjal z natančno analizo tega sistema, kar so ga opravili že prejšnji raziskovalci; predvsem skupini pod vodstvom Žlebnika (Geološki zavod Ljubljana) in Pezdiča (Inštitut Jožefa Stefana).

Starejši sedimenti in kamnine, tako terciarni (melj, pesek, peščenjak, konglomerat), kot v podlagi terciarnih kamnin, so večinoma dobro konsolidirani in litificirani. Voda v teh vodonosnikih je stagnantna ali pa je njeno gibanje zelo omejeno. Voda iz vrtin, po tem ko jih zbudimo, teče sama na površje zaradi temperaturnih razlik »termo-lift« in razplinjanja »gas-lift«. Posledično je voda visoko mineralizirana in drugačnega hidrogeokemičnega faciesa. Da je napajanje teh vodonosnikov omejeno, je bilo med drugim ugotovljeno v Murski Soboti (Kralj, P. & Kralj, Polona, 2000b) in tudi pri izkoriščanju vode iz vrtin Mt-1, Mt-4 in Mt-5 v Moravskih toplicah. Črpanje vode iz vrtin, v katerih hidravlični tlak stalno pada, imenujemo »rudarjenje« in je posledica izkoriščanja, ki je večje od napajanja vodonosnika. V Moravskih toplicah, Banovcih in v Murski Soboti so izvrtane vrtnice, ki imajo vgrajene filtrske odseke v zgornjem aktivnem in v spodnjem stagnantnem vodonosniku. Posledično prihaja v vrtninah do mešanja voda iz različnih vodonosnikov in s tem do težav pri interpretaciji njihove kemijske sestave. V ta sklop sodi tudi povišana koncentracija kloridov v vrtninah Mt-6/83 in Mt-7/93 v Moravskih toplicah, ki jo dr. Polona Kralj razlaga z dotokom voda iz spodaj ležečih vodonosnikov po prelomnih conah. V vrtnini Mt-8g/05, ki je od vrtnice Mt-6/83 oddaljena le 400 m, je klorida le 13 mg/l, v vodi iz vrtnice Mt-6/83 pa je klorida preko 100 mg/l. Moje mnenje je, da vrtnini Mt-6/83 in Mt-7/93, s filtrskimi odseki nameščenimi blizu dna vrtin, posegata že v spodnji vodonosnik.

Glavna dela, ki obravnavajo kemijsko sestavo termalnih in termomineralnih vod v Sloveniji, so našeta v poglavju Dosedanje raziskave. V članku sem zbral dostopne podatke o kemijski sestavi termalnih in termomineralnih vod v Sloveniji na enem mestu in so predstavljeni na enoten način. Geotermalni viri so klasificirani glede na geotermalne sisteme po Hochsteinu (1988), kemijska sestava vod pa je sistematično pri-

merjana po enotnem metodološkem postopku. Ta pregled je izhodišče za primerjanje kemijske sestave voda različnih geotermalnih virov v Sloveniji in osnova za razmislek o nadaljnjih raziskovalnih izzivih.

Literatura

- D'Amore, F., Scandiffio, G. & Panichi, C. 1983: Some Observation on the Chemical Classification of Ground Water. – *Geothermics*, 12/2–3, 141–148.
- Fodor, L., Jelen, B., Márton, E., Rifelj, H., Kraljić, M., Kevrić, R., Márton, P., Koroknai, B., & Báldi – Beke, M., 2002: Miocene to Quaternary deformation, stratigraphy and paleogeography in Northeastern Slovenia and Southwestern Hungary. *Geologija*, 45/1, 103–114.
- Hochstein, P. M. 1988: Assessment and modeling of geothermal reservoirs (small utilization schemes). – *Geothermics* 17/1, 15–49.
- Kralj, P. 1999: Geotermalni viri v Sloveniji: njihov potencial in izraba. V: P. Kralj (ur.) *Geotermalna energija: islandske in slovenske izkušnje*, str. 29–42, Ministrstvo za Znanost in Tehnologijo, Ljubljana.
- Kralj, P. 2001: Das Thermalwasser-System des Mur-Beckens in Nordost-Slowenien. – *Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie* 81, RWTH Aachen.
- Kralj, P. 2004a: Trace elements in medium-temperature (40–80 °C) thermal waters from the Mura basin (North-Eastern Slovenia). – *Environmental Geology*, 46, 622–629.
- Kralj, P. 2004b: Geotermalna energija v Benediktu. – *Eges*, 4, 95–97.
- Kralj, Polona, 2004: Chemical composition of low-temperature (< 20–40 °C) thermal waters in Slovenia. – *Environmental Geology*, 46, 635–642.
- Kralj, P. & Kralj, Polona, 2000a: Thermal and mineral waters in north-eastern Slovenia. – *Environmental Geology* 39, 488–500.
- Kralj, P. & Kralj, Polona 2000b: Overexploitation of geothermal wells in Murska Sobota, North-eastern Slovenia. – *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000* (Eds. E. Iglesias, D. Blackwell, T. Hunt, J. Lund & S. Tamanyu), 837–842, Tokyo.
- Kraljić, M., Lisjak, L. & Kasjabi, A. 2005: Poročilo o izgradnji vrtnice Benedikt-2 (Be-2). Nafta Geoterm, Lendava.
- Ravnik, D., Rajver, D., Žlebnik, L. & Kralj, P. 1992: Geološke strukture: viri termalnih in mineralnih vod v Sloveniji. V: P. Kralj (ur.) *Mineralne in termalne vode v gospodarstvu in znanosti Slovenije*, III. Posvet, 9–32, Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.
- Szabo, J. 1972: K tektoniki območja Radenci. 2 str., 5 pril. Ina Naftaplina Lenadava.
- Toth, J. 1995: Hydraulic continuity in large sedimentary basins. – *Hydrogeology Journal*, 3/4, 4–16.
- Veselič, M. 1980: Vpliv hidrološke sredine na uporabnost Na-K-Ca in SiO₂ geotermometrov. – *Portorož : 6. jugoslovanski simpozij hidrološke in inženirske geologije*, 1, 391–400.

Žlebnik, L. 1974: Hidrogeološke razmere v Nuskovi na Goričkem. – *Geologija*, 17, 477–492.

Žlebnik, L. 1975: Termalne in termomineralne vode v Prekmurju in Slovenskih goricah. *Radenski vestnik*, XIV, št. II, 25–30.

Žlebnik, L. 1978: Terciarni vodonosniki v Slovenskih goricah in na Goričkem. *Geologija*, 21/2, 311–324.

Waterloo Hydrogeologic, Inc. 2006: programski paket Aquachem 5.1., Waterloo, Kanada.

White, D.E. 1970: *Geochemistry Applied to the Discovery, Evaluation and Exploitation of Geothermal Energy Resources*. (v:) E. Barbier (ur.): *Proceedings of the U.N. Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources* – Pisa. *Geothermics*, special issue 2/1, 58–80.