

Hidrogeologija Čateških Toplic

Josip Ivanković in Anton Nosan

Uvod

V letih 1969 do 1972 je Geološki zavod nadaljeval hidrogeološke raziskave termalne vode na Čateškem polju. Raziskave so financirali: Zdravilišče »Čateške Toplice«, podjetje »Agraria« iz Brežic in Sklad Borisa Kidriča s kreditom.

Prva faza hidrogeoloških raziskav v Čateških Toplicah je bila opravljena leta 1957—58, ko je bil raziskan plitev vodonosnik do globine 80,00 m. Termalna voda je bila najdena v zakraselem in razpokanem terciarnem litotamnijskem apnencu. Takrat smo zajeli termalno vodo s temperaturo 57 °C v globini 51,70 do 52,70 m.

Leta 1963 je bilo v drugi fazi ugotovljeno, da obstaja poleg plitvega tudi globoki vodonosnik termalne vode. V tej fazi raziskav je bila zajeta termalna voda s temperaturo 58 °C v triadnem dolomitu v globini 300 do 336 m.

Obsežnejše raziskave tretje faze na območju Čateškega polja so se začele leta 1969 in so trajale do konca leta 1972. Njihov namen je bil, določiti razprostranjenost globokega vodcnosnika, oceniti izkoristljive količine termalne vode z ustrezno temperaturo ter preučiti njeno genezo in sestavo.

Geološki pregled

V letu 1970 in 1971 smo detajlno geološko kartirali severno obrobje Gorjancev in del Čateškega polja. Namen kartiranja je bil, raziskati tektonsko zgradbo širše okolice termalnih zajetij na Čateškem polju, kar naj bi omogočilo boljše interpretacijo tektonske zgradbe in litološke sestave kamenin pod aluvialnim glinastoprodnim zasipom (tabla 1 in 2).

Severno obrobje Gorjancev sestoji iz dolomita srednje in zgornje triade ter krednih in terciarnih kamenin. Dolomit je svetlo siv plastovit do skladovit in ponekod prehaja v pasovitega. Na ožjem območju termalnih vrelcev smo našli enake dolomitne plasti tudi v vrtinah.

Zgornjekredne plasti so ohranjene na površju le v majhnem obsegu zahodno od Čateža. Sestoje iz tankoploščastega laporja, apnenega laporja ter apnenca s ploščami in vložki roženca. Enak razvoj krednih plasti so pokazale vrtine na Čateškem polju pod terciarnimi sedimenti. Vendar je

za kredne plasti značilno, da se proti vzhodu izklinijo. To so potrdile vrtine pri »Šmithenskih« toplicah, ki so pod litotamnijskim apnencem navrtale zgornjetriadni dolomit. Zato smo v podolžnem profilu (tabla 2) nakazali izklinjanje krednih plasti.

Helvetske sedimente smo našli na severnem pobočju Gorjancev. Prevrtale so jih vse raziskovalne vrtine v okolici Čateških Toplic. Zastopane so v glavnem s pisanimi peščenimi glinami, ki vsebujejo drobce roženca in v spodnjem delu tanjše vložke premoga. Leže transgresivno na kame-ninah zgornje krede. Celoten helvetski kompleks je na raziskanem območju debel 150 do 200 m.

Iz tortonskih sedimentov sestoji večji del gričevnatega obrobja Gorjancev. Tortonski profil se prične s konglomeratom, nato pa se menjavajo lapor, peščeni lapor, apneni peščenjak z litotamnijami in litotamnijski apnenec. Enake razmere smo našli tudi z vrtnami na termalnem območju. Sestava sedimentov in makrofavna kažeta na plitvomorsko sedimentacijo. Debelina tortonskih plasti je 100 do 200 m.

Vzdolž Save se razprostira savski nanos proda in peska različne granulacije. Prevladujejo karbonatni prodniki, najdemo pa tudi peščene in celo prodnike eruptivnih kamenin. Z vrtnjem smo določili debelino kvartarnega zasipa od 9 do 12 m.

Tektonsko pripada ozemlje Čateških Toplic južnemu delu Krškega polja in severnemu obrobju Gorjancev. Tod je v triadi prevladovala karbonatna sedimentacija. V zgornji kredi so nastali večji tektonski jarki s smerjo vzhod—zahod.

Sedimentacija od tortona do ponta kaže na umirjeno tektoniko. Konec zgornjega pliocena so se stopničasto dvignili Gorjanci, ki se nadaljujejo pod Čateškim poljem. Z vrtnji pri Čatežu smo ugotovili pod mlajšimi sedimenti zgornjetriadni dolomit in na njem transgresivno ležeče zgornjekredne sedimente. V mlajšem pliocenu so verjetno nastali prelomi v smeri SW-NE in vertikalni prelomi smeri W-E, ki verjetno pogojujejo izvire termalne vode v Čatežu in Samoboru.

Hidrogeološke razmere

Hidrogeološke raziskave na Čateškemu polju so nam dale odgovor na vrsto pomembnih vprašanj o razsežnosti termalnega območja, položaju in globini globokega vodonosnika, hidrogeoloških in geotermičnih značilnostih globokega kolektorja ter kemični sestavi vode in plina iz vrtin.

Na ožjem območju termalnih vrelcev obstaja plitev termalni vodonosnik v močno prepustnem aluvialnem zasipu in zakraselem terciarnem litotamnijskem apnencu. Plitev termalni vodonosnik je omejen na ožji pas, ki poteka med zdraviliško depandanso in novim hotelom v smeri WNW. Iz njega je možno izkoriščati 20 do 30 l/s termalne vode s temperaturo 55 do 58 °C. Višina temperature je odvisna od vpliva hladne podtalnice. V tem vodonosniku tvorita termalna voda in hladna podtalnica enoten hidrološki sistem. Pritisk hladne podtalnice se prenaša v globino po razpokah in vpliva na pretakanje termalne vode.

Pod kvartarnimi in terciarnimi vodoprepustnimi sedimenti se nahajata dokaj debela vodoneprepustna terciarna glina in zgornjekredni lapor. Te

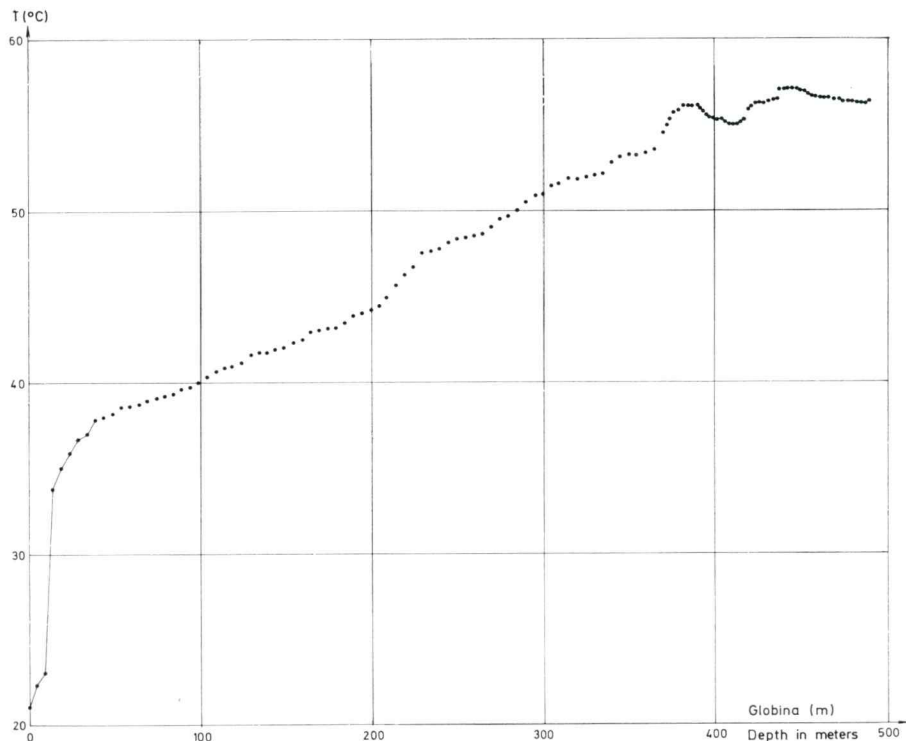
plasti so izolator, ki loči plitvi termalni horizont od globokega. Globoki termalni horizont ali primarni vodonosnik termalne vode je prepustni zgornjetriadni dolomit. Večjo prepustnost kažejo razpoke in zdrobljene cone dolomita, ki usmerjajo intenzivno cirkulacijo termalne vode. Te prepustne cone se ujemajo s potekom večjih prelomov, ki smo jih ugotovili z vrtanjem in geofizikalnimi meritvami. Cono intenzivnega pretakanja termalne vode sledimo od »Perišča« prek vrtine V-13/72 in zajetij v toplinah naprej do Save. Ta cona se generalno ujema s prelomi v Gorjancih, ki imajo smer SW-NE, vendar je premaknjena ob prelomih, ki potekajo v smeri E-W.

Zgornjetriadni dolomit je razkosan na bloke, ki se stopničasto spuščajo proti severu. Pogrezanja posameznih blokov smo ugotovili tudi pod kvartarno ravnino. To strukturo so nakazale raziskovalne vrtine v profilu, ki poteka čez vrtine V-1/70, V-9/71, V-13/72, V-2/69 in V-10/71. Tendence spuščanja se nadaljuje tudi proti severu (tabla 2). Vrtina V-1/70 je zadela na triadni dolomit že v globini 8 m, V-13/72 je prišla v dolomit na globini 245,00 m in vrtina V-10/71 na globini 428,00 m.

Z dosedanjimi raziskavami smo določili smer zdrobljene cone ter položaj vodonosnega dolomita in nad njim ležečih izolacijskih plasti. Vrtine v zdrobljeni coni so pokazale, da se temperatura termalne vode zvišuje od vrtine V-1/70 proti severovzhodu (vrtina V-12/72). Na podlagi tega sklepamo, da se zdrobljena cona primarnega termalnega vodonosnika nadaljuje na levem bregu Save, kjer obstaja možnost, da bi v večji globini zajeli termalno vodo z še višjo temperaturo.

Po končanem raziskovalnem vrtanju smo izvedli črpalni poskus, ki je trajal štirinajst dni in je pokazal, da so kaptažne vrtine in piezometri v direktni medsebojni zvezi. Torej gre za enoten primarni vodonosnik. Iz tega vodonosnika je mogoče neprekinjeno eksploatirati 120 l/s s povprečno temperaturo 60 °C. Plitvi termalni vodonosnik je po večjih razpokah v direktni zvezi z globokim vodonosnikom. Pri črpanju iz globokega vodonosnika je padel pritisk termalne vode v plitvem vodonosniku.

Na sorazmerno majhnem območju je možno pridobivati kar pomembno količino termalne vode. Zato se sprašujemo, od kod se obnavljajo vodne količine. Mnenja smo, da se del vode obnavlja iz padavinskega območja severno in južno od Čateškega polja, kjer prihaja dolomit na površje. Del padavinske vode se preceja v globino in po razpokah gravitacijsko cirkulira dokaj globoko. Del vode se verjetno obnavlja iz podtalnice na Krškem in Čateškem polju. Predpostavljamo, da je prišlo ob mlajših neotektonskih premikih do nastajanja izrazito zdrobljenih con v terciarnih sedimentih (litotamnijski apnenec). Tam, kjer imamo neposredni stik zdrobljenega litotamnijskega apnenca s prodnim zasipom, prihaja do infiltracije podtalnice. Kjer ima litotamnijski apnenec direktni stik z dolomitom, se globoki vodonosnik napaja iz podtalnice. Za to trditev govore pojavi pri vrtanju vrtine V-13/72; ko smo prevrtali aluvilani prodni zasip in je vrtina zadela na zakrasele plasti litotamnijskega apnenca, se je iz plaka v vrtini naenkrat izgubila, sama vrtina pa zarušila. Na tej vrtini v globini 255 m nismo dobili višje temperature od 44,5 °C, čeprav imamo



Sl. 1. Termogram vrtine V-10/71
Fig. 1. Temperature log of the bore hole V-10/71

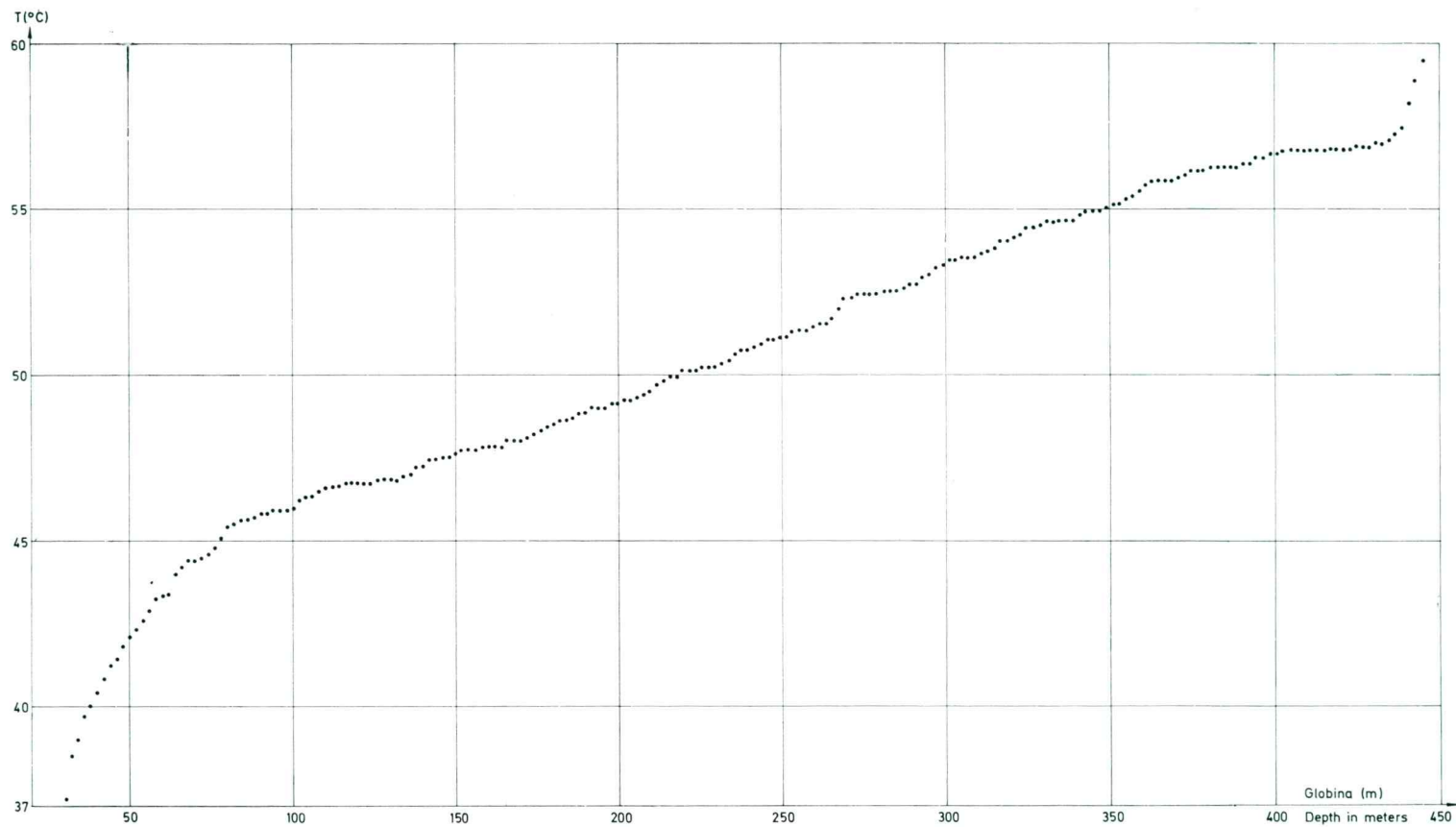
200 m proti vzhodu vrtine, ki dajejo vodo s temperaturo 60 °C. Podobno je bilo tudi z vrtino V-3/69 leta 1969.

Voda, ki se prelija iz vrtin, ima na površju terena pritisk 1,2 do 1,8 kp/cm². Vodonosni dolomit je torej arteški horizont. Dolomita nismo prevrtali, ker njegova debelina verjetno presega 1000 m. Piezometrični nivo termalne vode je pogojen z višinsko razliko med vrelnim območjem in višino dolomita na napajalnem območju. Menimo pa, da imata manjša specifična teža termalne vode in prisotnost plina tudi vpliv na piezometrični nivo vodonosnika.

Plin je kvantitativno analiziral dr. J. Marcel in ugotovil, da del plinskih mehurčkov odpade na vodno paro. Plina je sorazmerno malo, saj smo pri vzorčevanju s plinskim separatorjem v dveh urah dobili le 0,3 do 0,5 l plina.

Termalno območje na Čateškem polju je pogojeno z geološkim prelomom W-E, ki posreduje prenos geotermične energije. Po gravimetričnih

Sl. 2. Termogram vrtine V-12/72
Fig. 2. Temperature log of the bore hole V-12/72



maksimumih bi sicer mogli sklepati na magmatsko telo v večji globini, vendar bližjih dokazov zanj nimamo.

Temperatura termalne vode v dolomitu raste od Perišča pri Čatežu proti severovzhodu. Od Perišča do vrtine V-13/72 naraste na razdalji 1000 m za 10 °C, na razdalji 450 m, oziroma od vrtine V-13/72 do V-14/72, pa kar za 18 °C. Do sedaj je bila izmerjena najvišja temperatura v trikotniku med vrtinami K-1/69, V-14/72 in V-12/72. Najvišjo temperaturo vode 64 °C smo izmerili na ustju vrtine V-12/72.

Iz termogramov raziskovalnih vrtin vidimo, da temperatura z globino precej hitro narašča. Na Čateškem polju nastopata dva tipa krivulj. Pri prvem tipu (vrtina V-10/71) temperatura v terciarnih in krednih plasteh precej enakomerno narašča do prehoda v triadni dolomit, kjer ostane v glavnem konstantna ne glede na globino (sl. 1). Drugi tip krivulje (vrtina V-12/72) kaže v dolomitu progresivno naraščanje temperature z globino (sl. 2). Vrtina V-12/72 je locirana blizu zdrobljene cone, vrtina V-10/71 pa je bolj oddaljena od nje.

Vrtina V-1/69, ki leži okrog 380 m južno od vrtin z visokimi temperaturami, ni zadela na termalno vodo. Temperatura je naraščala enakomerno do končne globine 453 m, kjer je znašala 43 °C. Srednja letna temperatura kraja je 11 °C. Iz tega sledi, da je temperatura narasla na vsakih 14,5 m za 1 °C.

Kemično je termalno vodo analiziral Kemijski inštitut Borisa Kidriča. Prevladujoči kation je Ca^{2+} , ki ga je v vsoti kationov 50 %. Prevladujoči anion je hidrokarbonatni in znaša okrog 85 % vseh anionov. Termalna voda Čateških Toplic je nizko mineralizirana, suhi ostanek znaša 277 mg/l, pH je med 7 in 7,3.

Maja 1972 je inštitut »Jožef Stefan« analiziral plin iz vrtin. Vzorci plina so bili vzeti na terenu s pretočnim plinskim separatorjem. Analize so pokazale, da so količine plina majhne. Kvalitativna analiza je ugotovila N_2 , O_2 , Ar, CO_2 , CH_4 in sledove H_2S . Vsi vzorci iz različnih vrtin so pokazali dokaj enako sestavo, le metan je bil registriran samo v vrtini V-12/72. Značilno za sestavo plina je to, da je največ dušika (prek 90 %). Nekoliko povečane količine ogljikovega dioksida v primeri z zrakom so pogostne v vrelih z višjo temperaturo. Na CO_2 volumsko odpade 4,5 %. Argona je 1 do 2 % od celotne količine plinov. Njegova količina v čateški termalni vodi ni večja od količine v površinskih vodah. Da bi ugotovili izvor argona, so izmerili sestavo njegovih izotopov. Meritve so pokazale, da je njegova izotopna sestava enaka sestavi v zraku.

Sestava plina kaže, da se termalna voda v Čateških Toplicah obnavlja iz atmosferske vode.

Povzetek

Hidrogeološke raziskave termalne vode na Čateškem polju v letih 1969 do 1972 predstavljajo nadaljevanje prejšnjih raziskav, ko je bil leta 1963 najden globok vodonosnik termalne vode pod izolacijskimi plastmi terciarja in krede. Pred tem so pridobivali termalno vodo le iz plitvega vodonosnika nad izolacijskimi plastmi. Globoki vodonosnik je triadni dolo-

mit, plitvi pa sestoji iz aluvialnega proda in litotamnijskega apnenca pod njim.

Cono intenzivnega pretakanja termalne vode v globokem vodonosniku zasledujemo od »Perišča« prek vrtine V-13/72 in na zajetjih v toplicah ter naprej do Save. Ta cona se generalno ujema s prelomi v Gorjancih, ki imajo smer SW-NE, vendar je premaknjena ob prelomih, ki potekajo v smeri E-W.

Iz poteka zdrobljene cone in zgradbe termalnega območja ter stopnjevanja temperature proti NE sklepamo, da se zdrobljena cona s primarno termalno vodo nadaljuje tudi na levem bregu Save.

Črpalni poskus, ki je trajal štirinajst dni, je pokazal, da je na območju Čateških Toplic formiran enoten vodonosni horizont termalne vode v globokem vodonosniku. Iz njega je možno po dosedanjih podatkih na ožjem območju Čateških Toplic neprekinjeno eksploatirati 120 l/s s povprečno temperaturo 60 °C.

Pritiski na ustju vrtin, izvrtanih v globoki vodonosnik, variirajo med 1,2 in 1,8 kp/cm². Količine plina, ki izhaja iz vrtin, so majhne. Na edini žlahtni plin (Ar) odpade samo 1,5 % celotnega plinskega volumna. Del mehurčkov, ki izhajajo iz vrtin, odpade na vodno paro. Prisotnost vodne pare nam pove, da v določeni globini obstaja voda z višjo temperaturo, kot je sedaj dosežena.

Hydrogeology of the Čatež Thermal Springs

Josip Ivanković and Anton Nosan

Abstract

In the Čatež thermal springs area exists a shallow thermal aquifer consisting of highly permeable alluvial deposits and the underlying karstified Tertiary Lithothamnion limestone. From the shallow aquifer 20 to 30 l/sec of thermal water with temperatures of 55 to 58 °C can be obtained. In this horizon the thermal water and the ground water form a unique hydrological system.

The Quaternary and the Tertiary permeable sediments overlie a comparatively thick series of impervious Tertiary clay and Upper Cretaceous marl. These beds are underlain by the highly permeable Upper Triassic dolomite representing a deep aquifer of thermal water. Its permeability is assured by the disturbed zones yielding an intensive thermal water flow. The situation of broken zones has been determined by deep drilling and by geophysical measurements. The zone of intensive percolation generally coincides with the direction of the faults in Gorjanci Mountains being SW-NE, but it is displaced by transversal faults E-W (Plate 1).

The bore holes showed that the temperature of the thermal water increases from the hole V-1/70 (32 °C) north-eastwards towards the hole

V-12/72 (64 °C). From these data we conclude that the disturbed zone of the deep aquifer continues also on the left bank of the river Sava (Plate 1).

After having finished the exploration drilling, a pumping test of fourteen days has been carried out. The results show that the flowing holes and the piezometers are in a direct communication, which indicates an unique water-bearing horizon. From the deep aquifer it is possible to win 120 l/sec of water with an average temperature of 60 °C. During the pumping in the deep horizon the pressure of the thermal water decreased in the shallow aquifer.

Water pressure measured at the drilling holes orifices was 1,2 to 1,8 kp/cm². The piezometric head is mainly conditioned by the elevation difference between the dolomite of the catchment areas and the spring area. We believe, however, that other components, i.e. lower specific gravity of the thermal water, and free gas and water vapour, produce some influence on the piezometric head of the deep aquifer.

The thermal region of the Čatež field is conditioned by the E-W fault extending deep enough and transmitting the heat flow from the depth. It could reach even down to the igneous basement. The highest temperature measured till now occurs in the triangle between the holes K-1/69, V-14/72 and V-12/72. The maximum temperature, measured at the vent of the hole V-12/72, is 64 °C. Two types of the thermolog curves are characteristic. The first one (bore hole V-10/71) shows a rather constant temperature in dolomite (Fig. 1) and indicates that the hole is situated away from the fracture-zone. The second one (bore hole V-12/72) showing an increasing of the temperature with depth indicates that the hole penetrated the fracture-zone (Fig. 2).

Characteristic is a low degree of mineralization of the water, being from 0.1 to 0.3 g/l, with the predominating hydrocarbonate ion (HCO_3^-), and pH between 7 and 7.3.

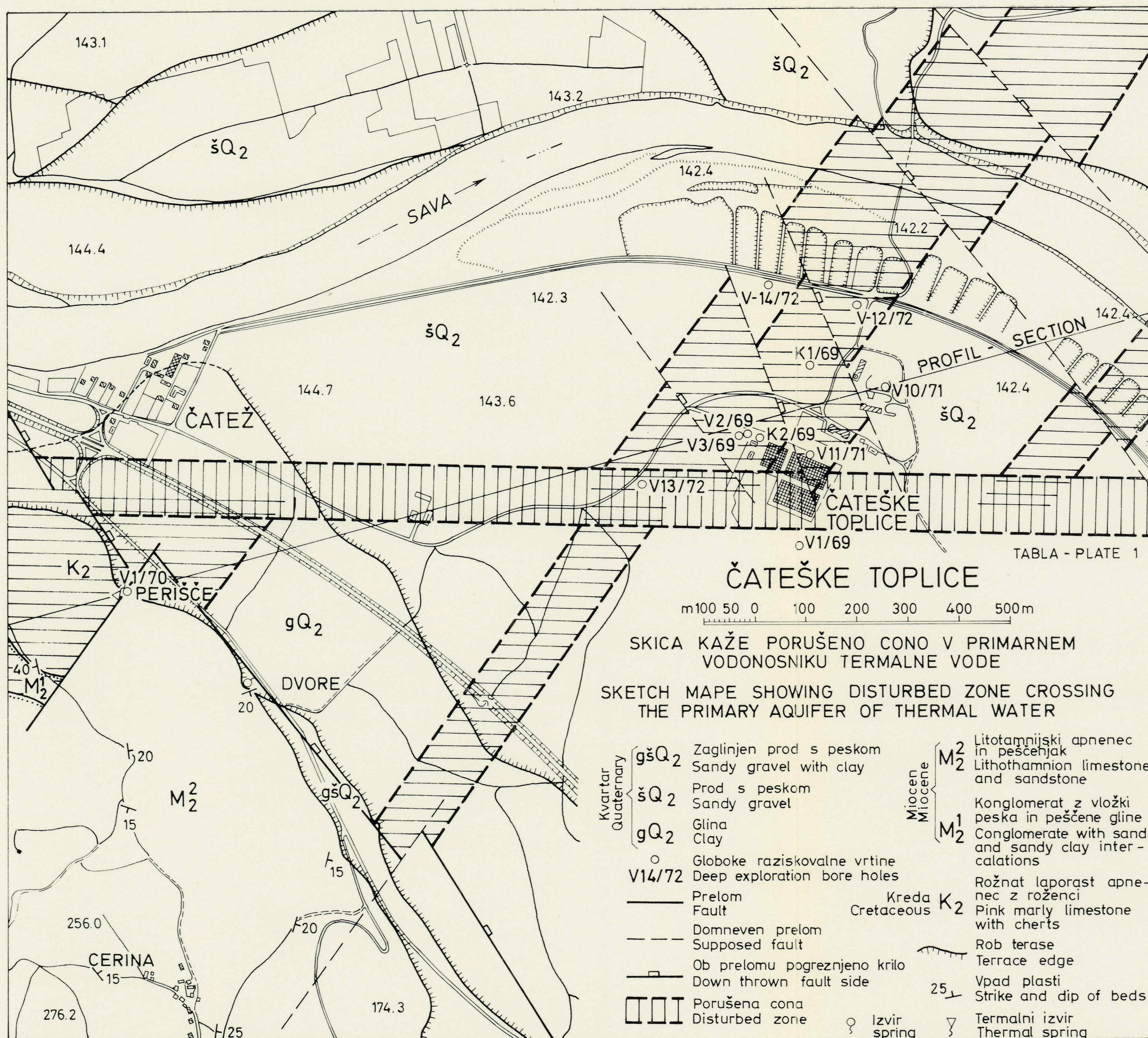
The analyses of a number of samples showed that the quantity of gas discharged from the holes is relatively small. The qualitative analysis determined the presence of N_2 , O_2 , Ar, CO_2 , CH_4 , H_2S , and water vapour. All sampled holes showed a very similar gas composition. Over 90 % of the gas volume is supplied by N_2 , and 4.5 % by CO_2 , which occurs often in springs with increased water temperature. Argon is represented by 1 to 2 percent. To determine the argon origin, its isotopic composition has been measured. It equals to that of the argon in the atmosphere.

From the presence of the determined gas components and their proportion it can be deduced that the thermal water in the Čatež springs is recharged by the surface waters.

Literatura

Aljčovski, M. E. 1973, Hidrogeološki priručnik (prevod iz ruščine), Beograd.

Bogomilov, G. V., Silin-Bekčurin, A. I. 1959, Specijalna hidrogeologija (prevod iz ruščine), Beograd.



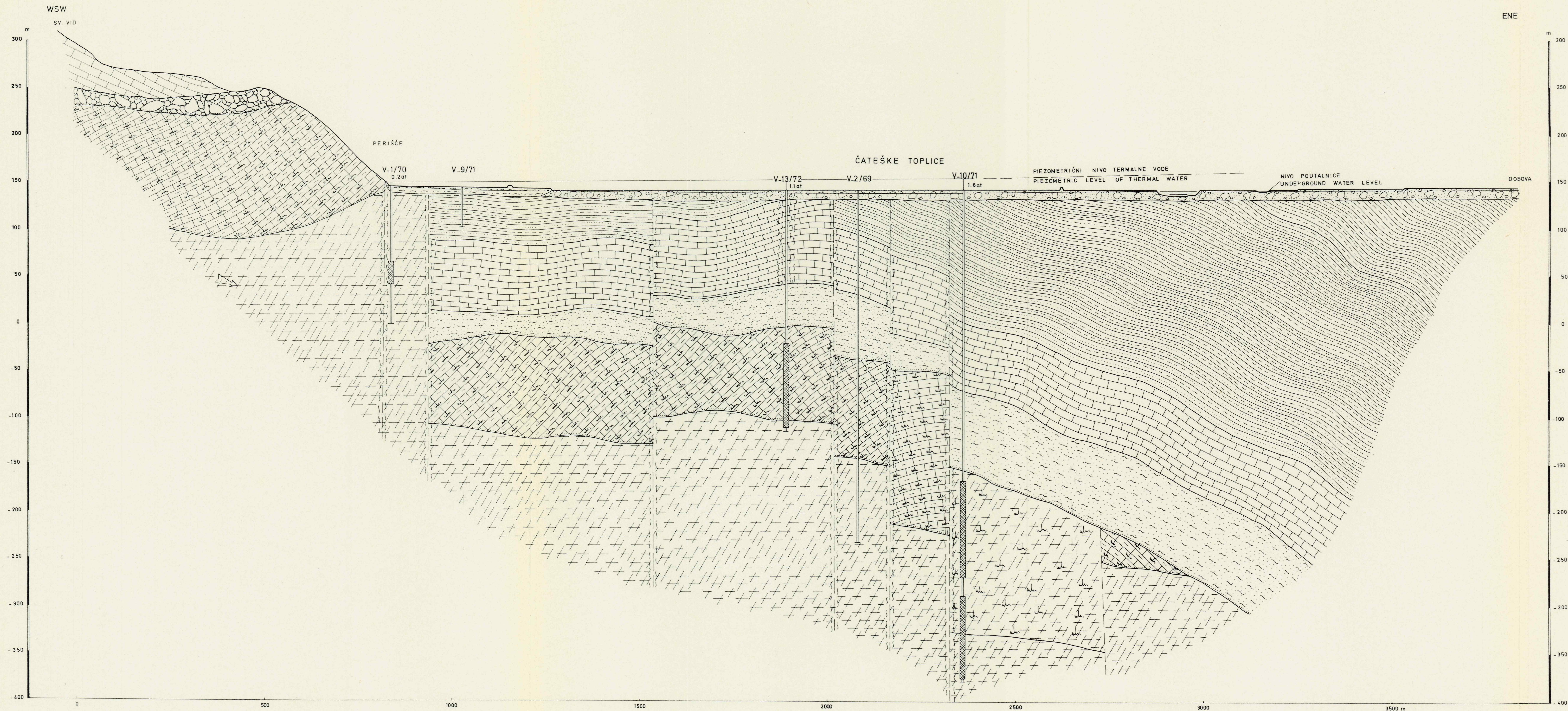


TABLA - PLATE 2

ČATEŠKE TOPLICE

GEOLOŠKI PROFIL WSW-ENE SKOZI VRTINE

V-1/70, V-9/71, V-13/72, V-2/69, V-10/71

GEOLOGICAL SECTION WSW-ENE ACROSS THE BORE HOLES

V-1/70, V-9/71, V-13/72, V-2/69, V-10/71

- | | | |
|-----------------------------|--|--|
| šQ ₂ | | Slabo granuliran prod s peskom in meljem
Gravel with sand and silt |
| gQ ₂ | | Temno siva glina
Dark grey clay |
| M ₃ ¹ | | Siv, tanko ploščast lapor
Grey thin bedded marl |
| M ₂ ² | | Peščenjak, peščen lapor in lapor
Sandstone, sandy marl and marl |
| M ₂ ² | | Litotamnijski apnenec
Lithothamnion limestone |
| M ₂ ¹ | | Konglomerat, ponekod z vložki rjavo sive gline in glinastega laporja
Conglomerat, including brownish grey clay and clay marl |
| M ₂ ¹ | | Rdečkasta peščena glina z redkimi prodniki in tanjšimi vložki peska
Reddish sandy clay, including some pebbles and thin sand intercalations |
| K ₂ | | Rožnat lapornat apnenec z roženci
Pink marly limestone with cherts |
| T ₂ | | Svetlo siv dolomit z roženci
Light grey dolomite with cherts |
| T ₂₊₃ | | Temno in svetlo siv neplastovit dolomit
Dark grey and light grey massive dolomite |
| | | Erozijska meja
Erosion boundary |
| | | Prelom
Fault |
| | | Raziskovalna in kaptažna vrtina
Exploration and developed bore hole |
| | | Smer podtalnice
Underground water flow |
| | | Zdrobljena cona ob prelomih
Crushed zone along faults |

Ivanković, J. 1972, Predhodno poročilo o rezultatih črpalnega poizkusa za termalno vodo na Čateškem polju. Arhiv. Geol. zavoda, Ljubljana.

Lapajne, J. 1971, NE Krško. Geofizikalne raziskave 1971. Arhiv Geol. zavoda Ljubljana.

Lapajne, J. 1972, Geofizikalne raziskave na Čateškem polju v letih 1970—71. Arhiv Geol. zavoda, Ljubljana.

Moret, L. 1946, Les sources thermominérales. Hydrogéologie — Géochimie — Biologie. Masson et Cie, Paris.

Nosan, A. 1959, Hidrogeologija Čateških Toplic. Geologija 5, Ljubljana.

Nosan, A. in Ivanković, J. 1971, Poročilo o hidrogeoloških raziskavah za termalno vodo na Čateškem polju v letih 1970—71. Arhiv Geol. zavoda, Ljubljana.

Pleničar, M. 1970, Tolmač k osnovni geološki karti SFRJ list Novo mesto 1:100 000, Arhiv Geol. zavoda, Ljubljana.

Premru, U. 1972, Geologija širše okolice Krškega, študija za NE Krško. Arhiv Geol. zavoda, Ljubljana.

Prelogović, E. 1970, Neotektonska kretanja u području između Orlice, Samoborske gore i Medvednice. Geol. vjesnik 23, Zagreb.