

## GEOLOŠKA GRAĐA TERMALNOG IZVORIŠTA MALA KLADUŠA U DETERMINACIJI SANITARNE ZAŠTITE

## GEOLOGY STRUCTURE OF THERMAL SOURCE MALA KLADUŠA IN DETERMINING SANITARY PROTECTION

**Amir Baraković, dr.sc.vanr. profesor**  
**Rudarsko-geološko-građevinski fakultet**  
**Univerzitet u Tuzli**  
**Bosna i Hercegovina**

### REZIME

*Geološku građu terena termalnog izvorišta Mala Kladuša čine trijaski karstifikovani kračnjaci, dolomiti, škriljci, laporci i pješčari, sedimentno-vulkanogena serija pješčara glinaca, tufova, kredno-paleocenski fliš i kvartarni aluvijalni nanosi, koji su endodinamičkim prije svega neotektonskim pokretima poremećeni i izrasjedani u vrijeme alpske orogeneze. Neotektonski pokreti i procesi karstifikacije su predisponirali hidrotermalno izvorište u Maloj Kladuši. Geološka građa šireg lokaliteta termalnog izvorišta, njegov litološki sastav, sklop, geomorfološke, hidrogeološke odlike, te rezultati hidrodinamičkih i kvalitativnih istraživanja izdani, su relevantni parametri za definisanje zona sanitarne i neposredne zaštite termalnog izvorišta, koje će se ovim radom prikazati.*

**Ključne riječi:** geološka građa, termalno izvorište, sanitarna zaštita

### SUMMARY

*Geological composition of thermal springs are Mala Kladuša triassic karstified limestone dolomite, shale, marl and sandstone, volcanic-sedimentary series of sandstone shale, tuff, cretaceous-paleocene flysch and quaternary alluvial deposits, which are primarily endodynamic neotectonic movements and disturbed at the time faults alpine orogeny. neotectonic movements and processes of karstification are predisposed hydrothermal source in the Mala Kladusa. geological structure of the wider locality of thermal springs, its lithological composition, assembly, geomorphological, hydrogeology features and results of hydrodynamic and qualitative research issued, the relevant parameters for defining the zones of sanitary protection and direct thermal springs, which will be shown in this paper.*

**Keywords:** geological structure, thermal source, sanitary protection

### 1. UVOD

Cilj rada je prikaz geološke građe područja Mala Kladuša u svrhu determinacije zona neposredne sanitarne zaštite termalnog izvorišta. Parametri su utvrđeni na osnovu detaljne prospekcije terena i izvedenih geološko-istražnih radova. Istraživanjima je definisan odnos egzaktnih prirodnih geoloških i savremenih egzodinamičkih procesa na osnovu kojih su utvrđene zone neposredne sanitarne zaštite termalnog izvorišta.

*Polazna hipoteza:* prirodne geološke, geomorfološke i hidrogeološke karakteristike područja.

*Radna hipoteza:* aktivni egzogeni geodinamički procesi kao osnova za zaštitu termalnog izvorišta.

## 2. MATERIJAL I METODE

Geološka građa je utvrđena sa geoloških karata R-1:25000, (sl.2) i R-1:100.000, [7], izvještaja ranijih istraživača, [3-6] te izvedenih terenskih i laboratorijskih geološko-istražnih radova i prospekcije terena o termalnom izvorištu u Maloj Kladuši tokom 2011. godine, [4]. Geomorfologija je analizirana sa geomorfološke karte R- 1:500.000, [1], a morfometrija je vršena sa geodetske podloge, (*situacioni plan R – 1:2.500 i avio snimak (sl. 1), [4]*).

### 2.1. Fizičko – geografski položaj termalnog izvorišta

Izvorište «Mala Kladuša» locirano je u sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine, Unsko-Sanskom kantonu, općini Velika Kladuša, između 45° 07' i 15° i 53', istočne dužine po Greenwich-u. Analizirano područje se nalazi između Murinog brda i Dolova na sjeveru, Marjanovca na istoku, Grabovca na jugu i potoka Vidovska na zapadu, (sl.2 i 3).



Slika 1. Situacioni plan lokaliteta Mala Kladuša, R- 1:2.500, [4]

### 2.2. Geološka građa, geomorfološke i hidrogeološke karakteristike šireg područja

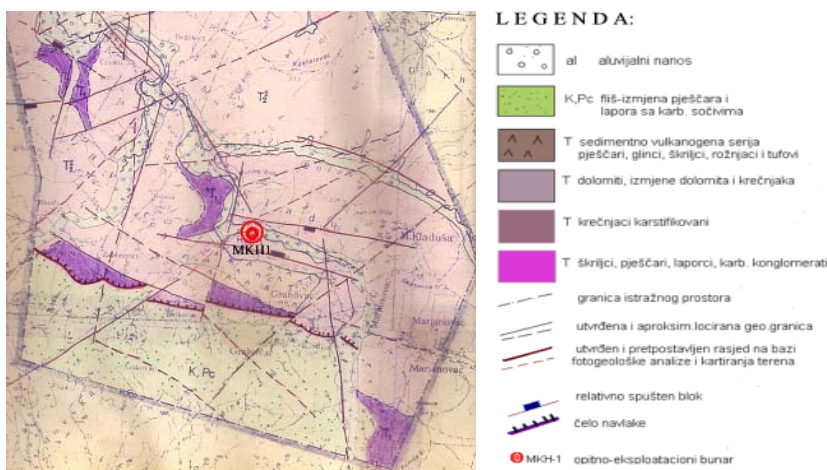
#### 2.2.1. Litološki sastav šireg područja

Litologiju područja čine stijene *mezozojske* i to trijaskе (T), kredno-paleocenske (K,Pc) i kvartarne (Q) starosti, (sl. 2). *Donji tijas (T<sub>1</sub>)*, predstavljen je serijom sedimentima, u kojoj dominiraju bankoviti i tanko uslojeni pješčari i škriljci sa elementima intrabazenskih karbonatnih stijena, ukupne debljine 200-500 m. *Srednji trijask (T<sub>2</sub>)* je predstavljen sedimentima karbonatnih dolomitičnih stijena u kojima su izdvojeni; *anizijski kat (T<sup>1</sup><sub>2</sub>)* sa masivnim karstifikovanim krečnjacima debljine oko 360 m i *ladinski kat (T<sup>2</sup><sub>2</sub>)* sa sedimentima trakastih kalcitskih dolomita i krečnjaka. *Gornja kreda (K,Pc)*, je predstavljena *flišem* – izmjenama škriljavih laporaca, krečnjaka, laporovitih krečnjaka sa tankim prosljocima pješčara, u okviru kojih veći dio flišnih naslaga pripada *senonskom katu (K<sup>2</sup><sub>3</sub>)*, dok manji dio pripada *paleocenu (Pc)*, čak i *donjem eocenu (E<sub>1</sub>)*. Na širem području preko flišnih tvorevina navučeni su trijaski sedimenti, (sl. 2). *Kvartar (Q)*, je zastupljen sedimentima holocenske starosti, predstavljen prašinastim i pjeskovitim glinama, debljine 1-3 m. *Aluvijalni nanos (al)*, razvijen je u dolini Kladušnice, na mikrolokalitetu termalnog izvorišta i bunara MKH-1.

#### 2.2.2. Sklop terena- tektonika

Rupturni sklop trijaskih karbonata u zoni termalnog izvorišta, (sl.2), ukazuje na veoma složenu tektonsku građu. Regionalne rupture su dinarskog pravca pružanja. U zoni termalnog izvorišta, sučeljavaju se dva veća rasjeda (rasjed dolinom Kladušnice i rasjed pravca SI-JZ) sa više manjih izraženih ruptura različite orijentacije, dok je u centralnoj zoni jasno izdvojen tektonski rov. *Ovakav rupturni sklop je predisponirao pojavljivanja termalnih voda.*

Navedeno ukazuje na intenzivnu neotektonsku aktivnost alpske orogene faze, što dokazuju i pojedine litostratigrafske jedinice koje su u normalnoj superpoziciji i kompletno navučene na kredno-paleocenski fliš, (sl.2). Sedimentno-vulkanogene serija ovog lokaliteta je ovičena rupturnim strukturama a i sama je veoma izrasjedana i polomljena.



Slika 2. Geološka karta termalnog izvorišta Mala Kladaš, R-1:25000.

### 2.2.3 Geomorfološke karakteristike

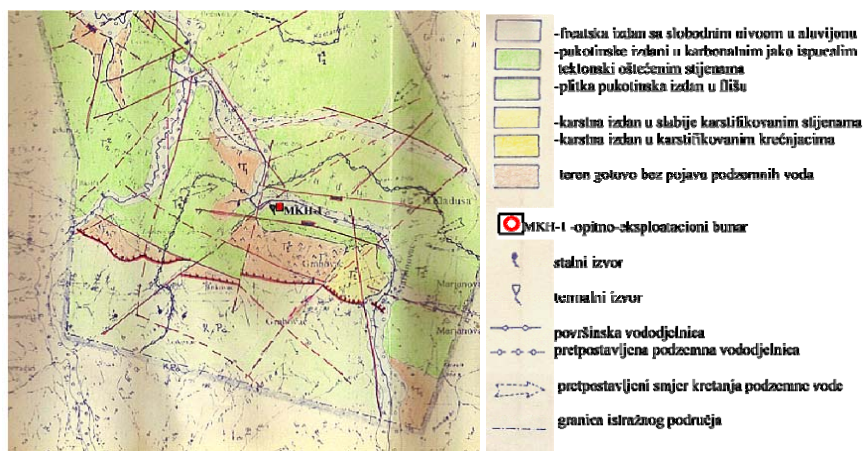
Geomorfološki, područje pripada geotektonskom pojasu središnjih dinarskih planina, pružanja sjeverozapad-jugoistok, [2]. Po morfološkim odlikama područje termalnog izvorišta je brežuljkastog karaktera, u kojem su kratki površinski vodotoci usjekli doline u uska korita i relativno se strmo spuštaju prema Kladašnici, čija dolina ima dinarski pravac širine 50-500 m sa formiranim aluvijalnim nanosom. Uočavaju se plitke zatvorene depresije i zone u kojima su jeruge izrazito duboko usječene na strmim padinama, sa izraženim fluvijalno erozionim procesima, što potvrđuje postojanje određenih zona povećane plitke karstifikacije. U okviru šire morfološke cjeline izdvajaju se neotektonskima oblici rasjednih procesa kao što su doline na rasjedima i laktasta skretanja dolina, posebno u području uz rijeku Kladašnicu [1], te fluvio denudacioni oblici, morfoskulpture sa vertikalnom raščlanjenosti od 30-100 m i 100–300 m, genetski vezane za egzogene poligenetske geomorfološke procese. Starost utvrđenih oblika egzogenih procesa je neogen (N) i kvartar (Q).

### 2.2.4. Hidrogeološke karakteristike termalnog izvorišta Mala Kladaš

U termalnom izvorištu je izveden bunar MKH-1, dubine 468,94 m., sa termalnom vodom zahvaćenoj na dubini do 250 m. Voda je pod pritiskom sa količinom samoizliva od 20 l/s i temperaturom oko 27-28°. Utvrđeno je nekoliko tipova izdani, i to:

- pukotinski tip izdani u srednjetrijskim dolomitima (sa termalnom vodom pod pritiskom),
- pukotinski tip izdani u flišnim tvorevinama, i
- freatska izdan u aluvijalnim sedimentima.

U profilu su utvrđeni horizonti povećane ispućalosti i kavernočnosti na dubinama oko 100, 300-360m i preko 450 m. Duboka rasjedna zona iz doline Kladašnice realna je pretpostavka da u dubljim dijelovima mogu postojati izražene ispućale i kavernočne zone ili sistemi pukotina kojima cirkulišu podzemne vode, (sl. 3). Definisane su termalne anomalije izdani ovog lokaliteta.



Slika 3 – Hidrogeološka karta istražnog područja R-1:25.000

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

#### 3.1. Geološki parametri površinskog kompleksa:

Analizirano područje prekrivaju deluvijalne i aluvijalne naslage humusno-glinovitog do glinovitog materijala debljine 0,2-3,0 m. Izvršeno je ispitivanje karakterističnih uzoraka tla iz sondažnih bušotina i raskopa oko bunara MKH-1, u svrhu određivanja koeficijenta filtracije površinskog kompleksa u prirodnim uslovima, ( tabela 1).

Tabela 1: Laboratorijske analize granulometrijskog sastava uzoraka iz tla izvorišta Mala Kladaša

Uzorak	Koeficijent filtracije «k» cm/s		Dubina uzorkovanja (m)
	Po Hazenu	po U.S.B.R-u	
M-1	$1,16 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-5}$	0,80
M-7	$2,27 \times 10^{-4}$	$2,66 \times 10^{-5}$	1,20
M-9	$3,55 \times 10^{-4}$	$3,49 \times 10^{-5}$	1,00
R-1	$1,96 \times 10^{-4}$	$3,95 \times 10^{-5}$	0,25
R-1	$2,27 \times 10^{-4}$	$2,50 \times 10^{-5}$	0,85 – 1,50
R-2	$2,40 \times 10^{-4}$	$2,90 \times 10^{-5}$	0,25 – 0,90
R-3	$3,35 \times 10^{-4}$	$4,45 \times 10^{-5}$	0,30 – 0,50

Izvedeno je 6 opita nalijevanja vode po metodi Nestorova. Koeficijent filtracije «K» određen je po formuli,(1):

$$K = Q \times l / F (H_0 + H_k + l) \quad \dots(1)$$

$Q$  – ustaljena količina vode koju tlo upije, ( $cm^3/s$ ),  $l$  - dužina vlažnog fronta ispod Nestorovih cilindara,  $F$  – površina srednjeg cilindra prečnika  $r = 25$  cm,  $H_k$  – visina kapilarnog penjanja vlage,  $H_0$  – visina vodenog stuba u srednjem cilindru.

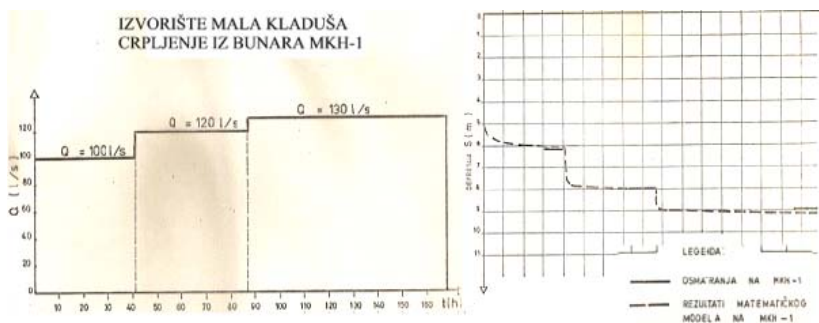
Vrijednost koeficijentata filtracije ukazuju na određena odstupanja, što se može objasniti činjenicom da su koeficijenti filtracije po metodi Nestorova dobijeni hidrauličkim tretmanom a poroznost neporemećenih uzoraka u prirodnim uslovima, dok je kod laboratorijske analize granulometrijskog sastava poroznost uzoraka zanemarena.

### 3.2. Uslovi prihranjivanja i pravci kretanja izdanskih voda

Konstatovana pukotinska poroznost i kavernožnost karbonatnih stijenskih masa te karstifikovanost pojedinih zona, ukazuje da se prihranjivanje izdani vrši isključivo infiltracijom od padavina. Voda koja se infiltrira sa površine terena duboko zaliježe, zagrijeva se i po rasjednoj zoni dolinom rijeke Kladašnice izlazi na površinu. Konstatovano je da se termalna voda pojavljuje u kavernožnim horizontima do dubine 200 m. Dublje od toga pritiču i hladne vode. Logičan zaključak, obzirom na duboko poniranje vode sa površine terena, do nepropusne podloge (u ovom terenu su to naslage donjeg trijasa i perma), konvekcijom i konduktivnim procesom vrši izmjena toplotne energije i topla voda se kao lakša u tom slučaju kreće ka površini. Na *sl. 3*, dat je pretpostavljeni pravac kretanja podzemnih voda u široj zoni termalnog izvorišta bez utvrđenih i pretpostavljenih vododjelnica.

### 3.4. Matematički model hidrodinamičkih parametara termalnog izvorišta

U cilju identifikacije osnovnih hidrodinamičkih karakteristika ispućane i porozne sredine na osnovu sprovedenih opita crpljenja, dat je matematički model nestacionarnog strujanja u ravni. Korišten je koncept ekvivalentnog jednoslojevitog akvifera koji se karakteriše sa dva osnovna parametra: ekvivalentnom vrijednošću transmissibilnosti  $T$  ( $m^2/s$ ) i ekvivalentnom vrijednošću specifične izdašnosti ( $E$ ). Na grafikonu, (*sl.4*), prikazan je hodogram crpljenja na bunaru MKH-1 u toku opita. Dubine nivoa podzemnih voda u bušotini MKH-1 za proticanje od 100 l/s, 120 l/s i 130 l/s, pri ustaljenjima bile: 4,8, 6,6 i 7,6 m. Na osnovu parametara  $T$  i  $E$  proraćunata je vrijednost dinamičkog razvoja depresije u bunaru sa tri ustaljenja i date su isprekidanom linijom na matematičkom modelu nestacionarnog strujanja.



Slika 4. Hodogram crpljenja iz bunara MKH-1

### 3.5. Geološka građa i zagađivači i zone sanitarne zaštite izvorišta

Geološka građa terena je važan faktor kod utvrđivanja zaštite izvorišta. Konceptija zaštitnih zona od zagađenja izvorišta je bazirana na osnovu Zakona o vodama, koji definiše uslove za više zona nužne zaštite ovisno o namjeni istih. Definisane su zone sanitarne zaštite izvorišta a na osnovu geoloških karakteristika terena i katastra zagađivača, (*sl. 5*).

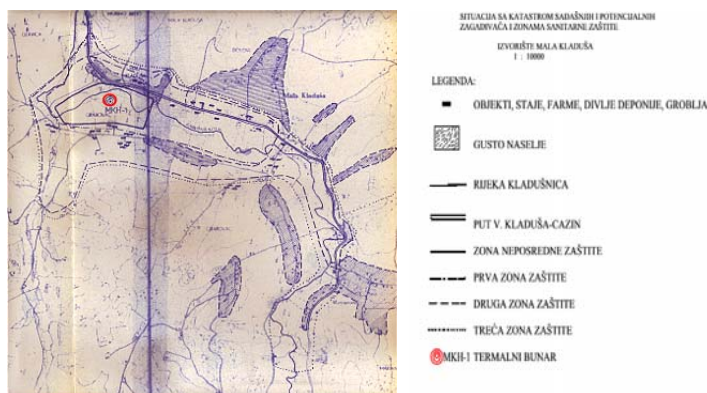
- *Neposredna zona zaštite* obuhvata usko područje u neposrednoj okolini bunara MKH-1 u aluvijonu Kladašnice. U ovoj zoni nalazi se nekoliko izvora termalne vode i jedan izvor hladne vode.

- *Prva zona zaštite* obuhvata zonu izvorišta u kojoj je rijeka Kladašnica kao aktivni zagađivač obzirom da ona drenira sve otpadne vode na svom slivnom toku.

- *Druga zona zaštite* je produženo područje uzvodno duž toka Kladašnice, i

- *Treća zona zaštite* je produžena uska zona oko Kladašnice do naselja Marjanovac. Ova zona je definisana na osnovu geoloških karakteristika terena u dolini Kladašnice.





Slika 5. Situacija zagađivača i zone sanitarne zaštite

#### 4. ZAKLJUČAK

U geomorfološkom pogledu tretirani lokalitet je genetski vezana za antagonističko dejstvo endogenih neotektonskih morfostrukturnih pokreta u mlađim fazama alpske orogeneze i savremenih prirodnih egzogenih geomorfoloških morfoskulpurnih procesa, koji su se odvijali tokom neogena (N) i kvartara (Q), posebno tokom holocena (Q<sub>4</sub>). U geološkoj građi tretiranog lokaliteta dominiraju stijenski kompleksi mezozojske i kenozojske starosti. Odlikuje se brojnim rupturnim strukturama nastalim tokom neogena i kvartara, a iste su predisponirali procese hidrotermalne aktivnosti na analiziranom lokalitetu, pri čemu se posebno izdvaja prirodni resurs termalno izvorište Mala Kladuša. Definisane zone sanitarne zaštite termalnog izvorišta uslovljeno je geološkom građom, hidrodinamičkim parametrima pukotinsko-karstne izdani u trijaskim karbonatnim stijenama, načina prihranjivanja i isticanja podzemnih voda i determinacija katastra sadašnjih i potencijalnih zagađivača u užoj zoni tretiranog izvorišta. Potvrđena je *polazna hipoteza ovog rada* kojom se definišu prirodne geološke, geomorfološke i hidrogeološke karakteristike područja Mala Kladuša, i *radna naučna hipoteza*, kojom su definisani aktivni geodinamički i tehnogeni procesi kao osnova za sanitarnu zaštitnu termalnog izvorišta, važnog prirodnog resursa u području Velike Kladuše.

#### 5. LITERATURA

- [1] Andovski T., Ahmetaj I., Bogdanović Ž., Bognar A., Blažek I., Bugarski D. i saradnici, 1992: Geomorfološka karta Jugoslavije. R – 1: 500 000, Savez geografskih društava Jugoslavije, Geokarta Beograd, Geografski institut, Odbor za geodinamiku SANU, Beograd.
- [2] Baraković A., 2008 : Geomorfologija. Univerzitet u Tuzli, 269, Tuzla.
- [3] Baraković A. & dr., 2009: Studija o geološko-morfološkim karakteristikama ležišta uglja na lokalitetu «Tržac-Crnaja» sa programom sanacije samoupale uglja i klizišta. RGGF Univerzitet u Tuzli, 59, Tuzla.
- [4] Baraković A., 2011.: Prospekcija terena lokaliteta termalnog izvorišta Mala Kladuša, u svrhu stručnog vještačenja opravdanosti svrhe ispitivanja termalnih voda u izvorištu Mala Kladuša. Nalaz vještačenja, 1-10, Velika Kladuša.
- [5] Baraković A., 2010.: Geološko-morfološke karakteristike područja Tržac – Crnaja sa determinacijom aktivnih egzodinamičkih procesa. Zbornik radova RGGF-a Univerziteta u Tuzli, specijalno izdanje, 165-178, originalan naučni rad, Tuzla.
- [6] Igrutinović, D. 1987.: Elaborat hidrogeoloških istraživanja šire zone izvorišta «Dubravine II» i «Mala Kladuša» sa definisanim granicama zona sanitarne zaštite i mjera zaštite od zagađenja podzemnih voda za potrebe vodosnabdijevanja Velike Kladuše. Institut za vodoprivredu «Jaroslav Černi», 104, Beograd.
- [7] OGC SFRJ, R-1:100 000, listovi Bihać i Slunj, Savezni geološki zavod, Beograd, 1984.