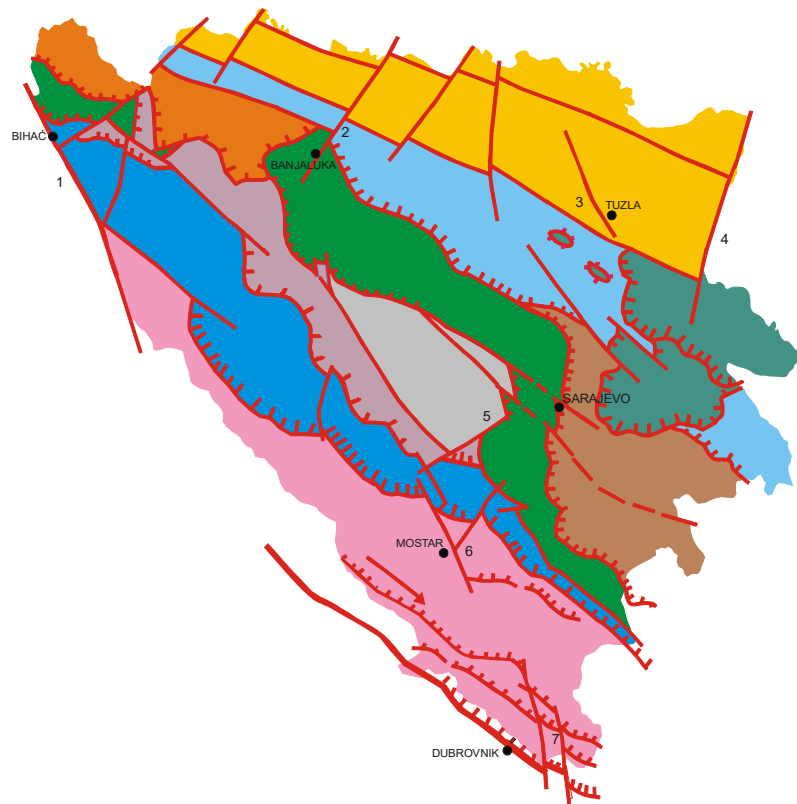


UDRUŽENJE / UDRUGA GEOLOGA BOSNE I HERCEGOVINE

## ZBORNİK RADOVA

III SAVJETOVANJE GEOLOGA BiH SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM



NEUM, 30. i 31.10.2008. godine

Izdavač:

Udruženje/udruga geologa Bosne i Hercegovine

Glavni i odgovorni urednik:

Alojz Filipović

Uredništvo:

Skopljak, F., Filipović, A., Đurić, N., Hrvatović, H., Mitrović, D.

Priredili za štampu:

Ferid Skopljak, Alojz Filipović

Tehnički urednik:

Ćazim Šarić

Štampa:

„Štamparija fojnica d.o.o.“ Fojnica, BiH

Tiraž:

150 primjeraka

Za tehničke greške u radovima, odgovorni su autori istih.

**ZBORNİK RADOVA**

III SAVJETOVANJE GEOLOGA

BOSNE I HERCEGOVINE

**ISSN 1840-4073**

**POKROVITELJI:**

Ministarsko vijeće Bosne i hercegovine

Ministarstvo civilnih poslova BiH

Ministarstvo energije, rudarstva i industrije Federacije BiH

Federalni zavod za geologiju Sarajevo

## SADRŽAJ

### -PLENARNO IZLAGANJE-

Skopljak, F.

**PRIMJERI GEOLOŠKE I GEOMORFOLOŠKE BAŠTINE U TURISTIČKOJ PONUDI  
BOSNE I HERCEGOVINE**

Cvijić, R.

**ODRŽIV RAZVOJ MINERALNIH RESURSA REPUBLIKE SRPSKE  
I MINERALNA STRATEGIJA I POLITIKA**

### -STRUKTURNA GEOLOGIJA –

Vrabac, S., Fehratbegović, Z., Đulović, I., Bijedić, Dž.  
**NALAZAK MORSKIH FOSILA U SONOJ FORMACIJI LEŽIŠTA  
KAMENE SOLI TETIMA KOD TUZLE**

Bortek, Ž.

**LITOSTRATIGRAFSKI SASTAV LEŽIŠTA BUKOVA GLAVA I VRANOVIĆ,  
TVORNICE CEMENTA, NAŠICECEMENT D.D.**

Omerhodžić, N., Kurtanović, R., Jaganjac, N.  
**BAZA PODATAKA ISTRAŽNIH RADOVA U GIS-u NA  
PRIMJERU SARAJEVSKO – ZENIČKOG BASENA**

Halilbegović, E.

**GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SREDNJEG TOKA NERETVE**

Isaković, H., Marinčić, J.  
**GEOLOŠKA GRAĐA I STEPEN ISTRAŽENOSTI LEŽIŠTA LIGNITA  
„KONGORA“ KOD TOMISLAVGRADA**

Filipović, A., Mujkić, F., Šarić, Ć.  
**PRIKAZ GEOLOŠKE KARTE SARAJEVSKO – ZENIČKOG BASENA  
U GIS SOFTVERU**

Todorović M.

**KONSTRUKCIJA NA KARTI I GEOMETRIZACIJA MINERALNOG  
RESURSA BOKSITA NA LOKALITETIMA „PODBRAČAN“ I „BRAČAN“**

Todorović, M., Arsenović, Ž.

**PROSTORNI GEOINFORMACIONI SISTEM  
MINERALNOG RESURSA RUDNIKA**

Begić, H.

**RUDARSKI MENADŽMENT U ULOZI INVESTIONOG  
CIKLUSA RUDARSKOG PREDUZEĆA**

Dervišević, R., Divović, E.

**PRIMJENA EKSPERTSKOG SISTEMA U POSTUPKU OCJENE  
KVALITETA UGLJA BANOVIČKOG UGLJENOG BASENA**

Baraković, A., Tomić, R., Katanić, P.

**GEOLOŠKA GRAĐA I POTENCIJALNOST LEŽIŠTA UGLJA  
„BALJAK“ U UGLJEVIČKOM BASENU**

Hamzabegović, A., Stević, M., Mulalić, M., Đuzdanović, Z.  
MINERALOŠKO – PETROGRAFSKE I TEHNOLOŠKE  
KARAKTERISTIKE GLINA SA LEŽIŠTA „ČAVKA“ KOD BUSOVAČE

Hamzabegović, A.  
LEŽIŠTE OPEKARSKIH GLINA „KRUHARI“  
KOD SANSKOG MOSTA

Todorović, M.  
OPERACIONA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA KVALITETA  
BOKSITA NA PODRUČJU MILIĆI – SREBRENICA

Filipović, A.  
GEOLOŠKA I STRUKTURNO – TEKTONSKA GRAĐA  
LEŽIŠTA BARITA KOLOVOJI KOD KREŠEVA

Todorović, M.  
GEOTEKTONIKA I NJEN UTICAJ NA EKSPLOATACIJU  
BEMITSKIH BOKSITA, RUDNO POLJE MILIĆI

Natalija, S., Neven, M.  
BAZA PODATAKA MINERALNIH, TERMALNIH I  
TERMOMINERALNIH VODA FEDERACIJE  
BOSNE I HERCEGOVINE U ARCGIS TEHNOLOGIJI

Kljajić, Ž., Lazić, M., Lazić, B.  
RJEŠAVANJA VODOSNABDIJEVANJA NASELJA NA PODRUČJU  
OPŠTINE SRBAC – PRIMER SELA GORNJI SRĐEVIĆI

Kovačić, M.  
KORIŠTENJE HRVATSKIH GEOTERMALNIH VODA U 2008. GODINI

Čamdžić, A., Nikolić, T., Babajić, A.  
GEOTERMALNE VODE U FUNKCIJI ZAGRIJAVANJA

Mandžić, E., Mandžić, K., Husejnagić, E.  
BRZINA LONGITUDINALNIH TALASA I  
STRUKTURNA GRAĐA GABRA

Lazić, M., Maksimović, D., Lazić, B.  
MOGUĆNOST OTVARANJA LOKALNIH IZVORIŠTA  
NA PODRUČJU OPĆINE ČELINAC NA PRIMJERU  
GORNJA I DONJA JOŠAVKA

Nikolić, T., Bluashvili, D.  
SPECIFIČNI UTICAJ INŽENJERSKO – GEOLOŠKIH  
PROCESA NA STABILNOST OBJEKATA IZNAD  
TUZLANSKOG SONOG LEŽIŠTA

Mandžić, K., Husejnagić, E., Babajić, E., Mandžić, E.  
UTICAJ HEMIJSKOG SASTAVA NA JEDNOOSNU  
ČVRSTOĆU NA PRITISAK GABRA

Sijerčić, I., Glotić, N.  
IDENTIFIKACIJA POTENCIJALNIH NESTABILNOSTI NA  
RADNIM ZAVRŠNIM KOSINAMA KAMENOLOMA  
„DRENIK“ KOD SREBRENICA

Blagojević, T., Čačavac, R.  
PRIMENA GEOLOŠKOG ISTRAŽNOG BUŠENJA  
ZA DOBIJANJE REPREZENTATIVNIH UZORAKA (JEZGRA)

Husejnagić, E. Mandžić, E., Mandžić, K.  
GEOFIZIČKA – GEOELEKTRIČNA ISTRAŽIVANJA  
IZVORIŠTA PODZEMNE VODE TEOČAK

Milenić, D., Milanković, Đ.  
GENEZA TERMOMINERALNIH VODA JOŠANICKE BANJE  
(CENTRALNA SRBIJA)

Miošić, N.  
MOGUĆNOSTI ISTRAŽIVANJA I KORIŠTENJA  
HIDROGEO TermALNIH POTENCIJALA PODRUČJA ILIDŽE, BiH

Miošić, N.  
REZULTATI I PRIORITETI ISTRAŽIVANJA MINERALNIH,  
TERMOMINERALNIH I TermALNIH VODA  
PODRUČJA GRAČANICE

Zelenika, M., Trenc, N., Čavić, M.  
GOSPODARENJE VODAMA U DELTI NERETVE

Baraković, A., Tomić, R., Baraković, D.  
HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA  
„BUGOTOVO SELO – SJEVER“ UGLJEVIČKOG  
UGLJONOSNOG BASENA

Mešković, A., Begić, S., Baraković, D.  
SISTEM ODVODNJAVANJA PODZEMNIH VODA  
U RUDNIKU „BREZA“

Krunić, O., Perlić, S., Jovanović, M.  
MJESTO I ZNAČAJ MINERALNIH, TermALNIH  
I TERMOMINERALNIH VODA U PRIVREDNOM  
ZNAČAJU REPUBLIKE SRPSKE

Krunić, O., Perlić, S., Jovanović, M.  
POTENCIJALNOST FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE SA  
ASPEKTA VIŠENAMENSKOG ISKORIŠĆAVANJA MINERALNIH,  
TermALNIH I TERMOMINERALNIH VODA

Lazić, M., Sorajić, S., Maksimović, D., Lazić, B.  
NOVE POJAVE MINERALNIH VODA NA PODRUČJU  
OPĆINE KOZARSKA DUBICA

Lazić, M., Ćirić, Ž., Sorajić, S.  
USLOVI I MOGUĆNOSTI VODOSNABDIJEVANJA PRNJAVORA  
(REPUBLIKA SRPSKA) PODZEMNIM VODAMA

Lazić, M., Čavić, M., Sorajić, S.  
PRESPEKTIVNOST ZAHVATANJA ALKALNIH  
VODA NA LOKALITETU „SMRDELJ“ KOD  
BANJE KULAŠI (REPUBLIKA SRPSKA)

Baraković, A., Baraković, D.  
GEOMORFOLOŠKA ANALIZA PODRUČJA DOBOJ – ISTOK

Šerifović, E., Smailbegović, A.  
GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE OKOLINE PEĆINSKOG SUSTAVA  
VJETRENICE KOD ZAVALA U POPOVOM POLJU, BIH,  
UZ PRIMJENU METODA ZA DALJINSKU DETEKCIJU

Babajić, E., Salkić, Z., Salihović, S., Kovačević, S.  
DIJABAZ DOLERITNE STIJENE OKOLINE RIBNICE –  
GEOHEMIJSKI AFINITET I KLASIFIKACIJA

Ramović, E.  
KRITERIJUMI IZRADE METALOGENETSKE KARTE  
BOSNE I HERCEGOVINE

Ramović, E.  
GENEZA RUDONOSNIH DOLOMITA VAREŠKOG REGIONA

Salkić, Z., Lugović, B., Babajić, E.  
HEMIJSKA KLASIFIKACIJA I NOMENKLATURA TERCIJARNIH  
VULKANSKIH STIJENA SJEVEROISTOČNE BOSNE

# Primjeri geološke i geomorfološke baštine u turističkoj ponudi Bosne i Hercegovine

„PLENARNO IZLAGANJE“

FERID SKOPLJAK

Rad pod navedenim naslovom priređen je za III Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine održanom u Neumu sa ciljem intenzivnije afirmacije i zastupljenosti geologije u privrednom razvoju Bosne i Hercegovine, te mjesta, uloge i značaja geološke i geomorfološke baštine u turizmu, a posebno imajući u vidu da:

- najveći dio turističke ponude BiH zasnovan je na geološkoj i geomorfološkoj baštini,
- geološka i geomorfološka baština BiH nije u potrebnoj mjeri valorizirana i uključena u turističku ponudu,
- turizam može biti jedna od vodećih grana privrede sa izvoznom orijentacijom.

Valorizacijom i povezivanjem geološke i geomorfološke baštine sa kulturno-historijskim naslijeđem, planinskim, primorskim i zdravstvenim turizmom, rekreacionim sadržajima, naučnim, kulturnim i sportskim manifestacijama učinilo bi Bosnu i Hercegovinu atraktivnijom za njene građane i posjetioce iz inostranstva, te upotpunilo turističku ponudu i omogućilo brži ekonomski razvoj.

## 1. GEOGRAFSKI POLOŽAJ

Bosna i Hercegovina je smještena na jugoistoku Evrope, u središnjem dijelu Balkanskog poluotoka. Na sjeveru, zapadu i jugozapadu graniči sa Republikom Hrvatskom; na istoku sa Srbijom a na jugoistoku sa Crnom Gorom (sl.1). Površina Bosne i Hercegovine je 51.129 km<sup>2</sup>.



Slika 1 – Geografski Položaj Bosne i Hercegovine

\*Dr.sc.Ferid Skopljak – Federalni zavod za geologiju, Sarajevo; E-mail: fskopljak@yahoo.com

## 2. GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE

U Bosni i Hercegovini se ističu tri osnovne geomorfološke cjeline:

1. **Južni obod Panonske nizije** površine 17.950 km<sup>2</sup> ili 35 % teritorije Bosne i Hercegovine. Obuhvata Savsku ravnicu (k. 90-100 m), najviše terase Save (do 160 m.n.m) i mlade vjenačne planine (Kozara, Trebovac, Majeвица, Motajica i dr.) čija visina ne prelazi 1.000 m.



Slika 2 – Reljefna karta Bosne i Hercegovine

2. **Dinarski planinski sistem** površine 28.940 km<sup>2</sup> ili 56,6 % teritorije Bosne i Hercegovine. Pruža se pravcem sjeverozapad-jugoistok što karakterizira veći dio južne grane Alpskog planinskog vijenca. Dinaride odlikuju duboke riječne doline i kanjoni, velika kraška polja i planinski vijenci sa visinama od oko 1.000 do 2.386 m. Veće *planine* su Grmeč, Manjača, Borja, Ozren, Konjuh, Javor, Romanija, Plješevica, Dinara, Šator, Slovinj, Golija, Vitorog, Plazenica, Raduša, Kamešnica, Tušnica, Ljubuša, Vran, Čabulja, Prenj, Velež, Čemernica, Vlašić, Vranica, Bitovnja, Bjelašnica, Jahorina, Visočica, Treskavica, Lelija, Zelengora, Maglić i dr. Između visokih planina su *kanjoni* među kojima su veći Une, Sane, Vrbasa, Plive, Neretve, Rakitnice, Peračkog potoka, Drine, Lima i dr.. Posebno obilježje Dinarida su velika *kraška polja* površine 37-348 km<sup>2</sup> među kojima su poznatija Petrovačko, Glamočko, Livanjsko, Duvanjsko, Kupreško, Mostarsko, Gatačko, Nevesinjsko, Dabarsko i dr. U središnjem dijelu Dinarida su *paleodepresije* površine 72-900 km<sup>2</sup> od koji su veće bugojanska, banjalučka, jajačka, teslička, sarajevsko-zenička.
3. **Jadranski pojas** obuhvata površinu od 4.240 km<sup>2</sup>, odnosno 8,3 % teritorije Bosne i Hercegovine. U ovoj oblasti su veće *planine* Trtla (690 m) i Viduša (1.419 m), te brojna manja *kraška polja* površine 12-70 km<sup>2</sup> od kojih su veća Bekijsko, Ljubuško, Popovo i dr.

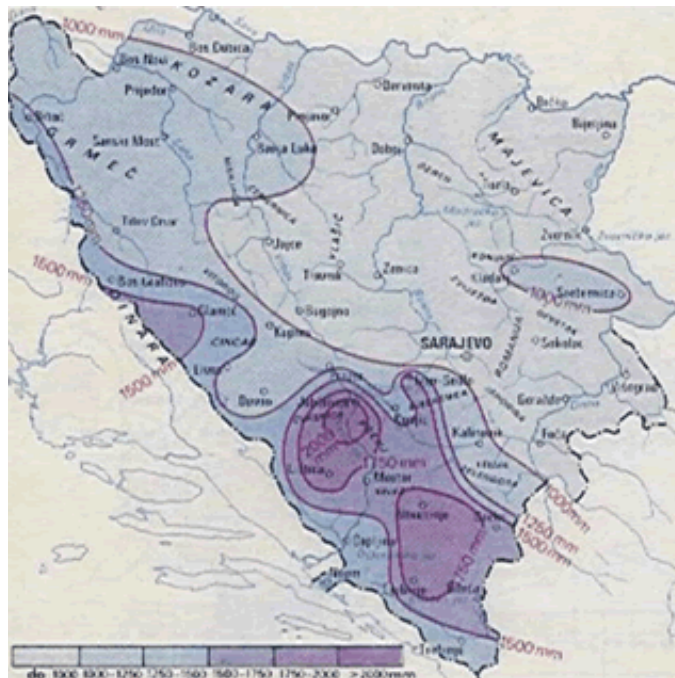


### 3. KLIMA

Najznačajniji klimatski faktori u Bosni i Hercegovini su, pored geografskog položaja, njena geomorfološka obilježja. Dinarski planinski sistem sprječava veći prodor mediteranske klime s juga i jugozapada u unutrašnjost BiH, a s druge strane također sprječava prodor hladnih vazdušnih masa sa sjevera i sjeveroistoka. Navedena obilježja, posebno sudaranje toplih i hladnih vazdušnih masa u Dinarskom planinskom sistemu, su osnovni uzrok temperaturnih karakteristika i količine padavina u pojedinim oblastima teritorije BiH, što je od presudnog značaja za formiranje ogromnog vodnog bogatstva, te režim podzemnih i površinskih voda.

**Umjereno kontinentalna klima** karakterizira južni obod Panonske nizije koji obuhvata veći dio sjeverne Bosne. Prosječna temperatura zraka je  $10,5^{\circ}\text{C}$  a prosječna godišnja količina padavina oko 1.000 mm.

**Planinska klima** karakterizira veći dio Dinarskog planinskog sistema u središnjem dijelu BiH. Srednje godišnja temperatura zraka je u rasponu od  $1,2 - 10,8^{\circ}\text{C}$ . Padavine su neravnomjerno raspoređene; od 1.500-3.000 mm na visokim planinama do 770-800 mm u zaklonjenim riječnim dolinama.



Slika 3 – Karta izohijeta padavina Bosne i Hercegovine

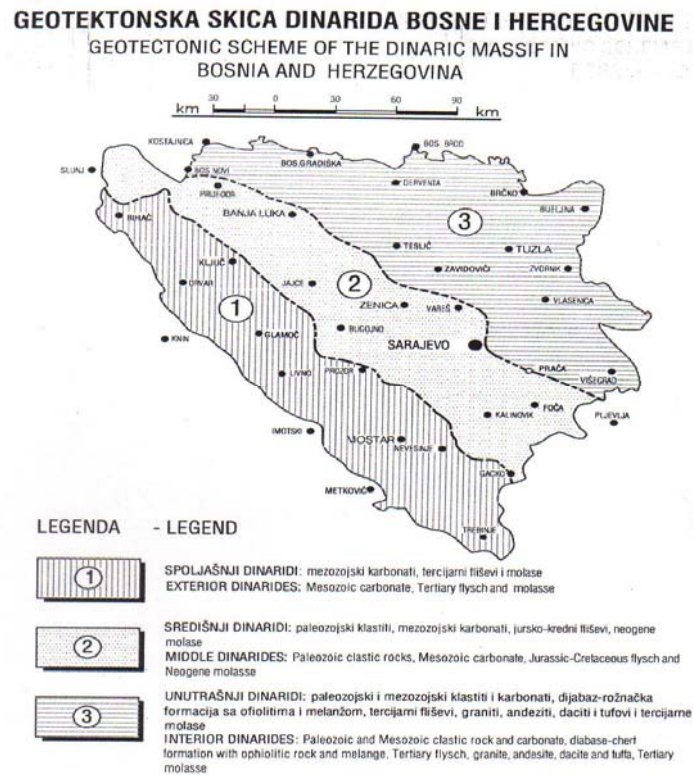
**Mediteranska klima** je zastupljena u niskoj i visokoj Hercegovini. Srednja godišnja temperatura zraka je  $12,3 - 15,3^{\circ}\text{C}$ . Padavine su neravnomjerno raspoređene; od 1.135 mm u donjem toku Neretve do 3.124 mm na kraškim platoima visokih planina Hercegovine.

## 4. GEOLOŠKA GRAĐA I TEKTONIKA

### 4.1. Geotektonska rejonizacija

Bosna i Hercegovina se nalazi u središnjem dijelu Dinarida i zahvata oko 25 % njihove teritorije. Postoje brojni koncepti geotektonske rejonizacije BiH, a u ovom radu se, prema S.Č i Ć i ć u (2002.), u Dinaridima BiH izdvajaju tri krupne strukturno-facijalne jedinice:

1. **Spoljašnji Dinaridi** koji obuhvataju prostor između jugozapadne granice sa Hrvatskom do granice sa središnjim Dinaridima; približnog pravca Bihać - Bosanska Krupa – Ključ – Prozor – Rujište – Gacko. Ova jedinica obiluje rarietnim geomorfološkim oblicima kao što su: kraška polja, pećine, kraška vrela, kanjoni, slapovi, močvare, i dr.



Slika 4 – Geotektonska rejonizacija Dinarida Bosne i Hercegovine (S.Čičić,2002.)

2. **Središnji Dinaridi** obuhvataju prostor između pomenute granice sa središnjim Dinaridima na jugozapadu do granice sa unutrašnjim Dinaridima približnog pravca Bosanski Novi – Banja Luka – Kotor Varoš – Vranduk – Vareš – Sarajevo – Prača - Goražde. Ovu jedinica odlikuju prelijepe vegetacijom obrasle visoke planine, glacijalna jezera, kraška vrela, rijeke i slapovi, kanjoni, brojni izvori mineralnih, termalnih i termomineralnih voda i dr.

3. **Unutrašnji Dinaridi** obuhvataju prostor između središnjih Dinarida na jugozapadu do Save na sjeveru, te Drine nizvodno od Goražda na istoku. Ovu jedinica odlikuju brojne pojave mineralnih, termalnih i termomineralnih voda koje su našle primjenu u flaširanju, banjsko-rekreacionom turizmu i dr.

## 4.2. Geološka građa

U geološkoj građi terena Bosne i Hercegovine učestvuju tvorevine paleozoika, mezozoika i kenozoika.

Najstarije poznate stijene u Bosni, za koje se smatra da dijelom pripadaju *ordovicijumu*, su kvarc-sericitski i hloritno-sericitsko-kvarcni škriljci otkriveni u rejonu Busovače i na širem prostoru Vranice. *Silur-devonske* pjeskovito-škriljave i terigeno-karbonatne tvorevine su razvijene u terenima Vranice i Bitovnje u centralnoj Bosni, a naročito u okolini Gornjeg Vakufa, Prozora, Kreševa i Fojnice. *Devon* je razvijen u faciji škriljaca, te dolomita i krečnjaka koji veće rasprostranjenje imaju u terenima Vranice oko Fojnice, Kreševa, i Lepenice, zatim u okolini Prače, dolini Drine i njenih pritoka i dr. Od magmatskih stijena u oblastima pojavljivanja paleozojskih tvorevina veće rasprostranjenje imaju kvarcporfiri. Analiza produkata sedimentacije i magmatizma u starijem paleozoiku ukazuje na prisustvo *kaledonske orogeneze* na ovim prostorima.



Slika 5 – Geološka karta Bosne i Hercegovine

Krajem devona i početkom karbona dolazi do prekida sedimentacije u ovom dijelu Dinarida, koji ujedno označavaju kraj kaledonske i početak *hercinske tektogeneze*. *Karbon* je otkriven u jugoistočnoj Bosni; u rejonu Prače, u okolini Foče i Trnova; u istočnoj Bosni između Drinjače i Jadra, oko Srebrenice, te u zapadnoj Bosni između rijeka Une i Sane. U sastavu karbona su pješčari, alevroliti, škriljci, metapješčari i kulmski fliš.

Nakon prekida sedimentacije krajem karbona i u starijem permu, uzrokovanim hercinskim orogenim pokretima, krajem perma započinje novi ciklus sedimentacije na ovim prostorima čime zapravo započinje *alpski orogeni ciklus*. U **gornjem permu** se transgresivno i diskordantno preko starije podloge talože litoralne, lagunske i neritske naslage u čijem sastavu su konglomerati, pješčari, laporoviti škriljavi krečnjaci, šupljikavi sedrasto-brečasti krečnjaci i sočiva gipsa. Otkrivene su u jugoistočnoj Bosni oko Foče; srednjoj Bosni oko Donjeg Vakufa i Travnika, te u sjeverozapadnoj Bosni između Ključa i Sanskog Mosta. Sličan režim sedimentacije nastavio se i u donjem trijasu.

Početak **donjeg trijasa** (sajski potkat) talože se plitkovodne marinske i lokalno marinsko-lagunske tvorevine, a tokom kampilskog potkata dolazi do produbljanja mora i stabilizacije režima sedimentacije. U građi donjeg trijasa učestvuju pješčari, laporci, glinci i krečnjaci. Slojevi donjeg trijasa otkriveni su u sjeverozapadnoj Bosni kod Velike Kladuše, Kulen Vakufa, Ključa i Sanskog Mosta; jugozapadnoj Bosni oko Drvara i Bosanskog Grahova; u srednjoj Bosni oko Travnika, Jajca, Bugojna, Donjeg Vakufa, Konjica i Jablanice; u okolini Sarajeva, Vareša, Prače; u jugoistočnoj Bosni oko Foče, Kalinovika i Čajniča, te manje pojave u okolini Mostara. U unutrašnjim Dinaridima donji trijas je otkriven na padinama Kozare; u okolini Stupara, te okolini Teočaka. Krajem donjeg trijasa, usljed negativnih epirogenih pokreta, dolazi do produbljanja i ingresije terena na širem prostoru.

U **srednjem trijasu - aniziku** nastavlja se stabilizacija marinskog režima sa litoralno-neritskom sedimentacijom. Anizijski kat je predstavljen, uglavnom, krečnjacima i dolomitima. Ove naslage su izdvojene diljem BiH: oko Bihaća, Velike Kladuše, Drvara, Bosanskog Grahova, Prozora, Konjica, Bugojna, Jajca, Travnika, Vareša, Sarajeva, Foče, Kalinovika, i dr. Krajem anizika mjenjaju se uslovi sedimentacije, more se produbljuje a na širem prostoru dolazi do pojačanih epirogenih pokreta i stvaranja predispozicija za inicijalni submarinski vulkanizam.

U **ladiniku** se uporedo sa sedimentacijom odvija snažan submarinski vulkanizam U starijem ladiniku stvaraju se tvorevine «vulkanogeno-sedimentne serije» u čijem sastavu su rožnaci, glinci, tufozni pješčari, laporci i lokalno pločasti krečnjaci. Krajem ladinika dolazi do smirivanja i prestanka submarinskog vulkanizma i taloženja karbonata litoralno-neritske zone (krečnjaci) i facija nešto dublje vode (pločasti krečnjaci sa muglama rožnaca), što se kontinuirano produžilo i u gornji trijas. Tvorevine ladinika utvrđene su u rejonu Martin Broda, Bosanskog Grahova; Kupresa, Bugojna, Jajca, Prozora, Konjica; u gornjem toku Drežanke; kod Velike Kladuše i Bužima, Sanskog Mosta; Vareša, Sarajeva; Foče, Čajniča, Višegrada Bratunca, Vlasenice i dr.

U **gornjem trijasu** nastavlja se litoralno-neritska sedimentacija uz taloženje debelih paketa krečnjaka i dolomita. Ove karbonatne naslage otkrivene su u sjeverozapadnoj Bosni između Bihaća, Krupe i Krnjeuše, te oko Sanskog Mosta, Ključa i Mrkonjić Grada; u jugozapadnoj Bosni oko Bosanskog Grahova, Drvara i Livna; u srednjoj Bosni kod Jajca, Donjeg Vakufa i Bugojna, Prozora, Jablanice; u dolini Rame, Prenju, Veležu; kod Gacka; u okolini Sarajeva; u jugoistočnoj Bosni u dolini Čehotine, te u istočnoj Bosni oko Višegrada, Han Pijeska i dr.

U **donjoj juri** dolazi do produbljanja središnjeg dijela dinarske ortogeosinklinale gdje se talože rožnačko-pješčarske naslage, dok se izvan toga u većem dijelu Spoljašnjih, te u jugoistočnim dijelovima Središnjih i Unutrašnjim Dinaridima, nastavlja taloženje karbonata.

U **srednjoj i gornjoj juri**, u dijelu Središnjih i Unutrašnjih Dinarida (Višegrad, Prača, Vareš, Zavidovići, Teslić) nastaje rift u kojem su taložene stijene «dijabaz-rožnjačke formacije», a u većem dijelu Spoljašnjih i Unutrašnjih Dinarida BiH stvoreni su karbonatni sedimenti debeli preko 5.000 m. U **gornjoj juri** dolazi do krupnih promjena; razlamanja riftnog dna; proboja i utiskivanja peridotita. Tada najvjerojatnije dolazi do sužavanja rifta i subdukcije, tako da se južno i jugozapadno od riftnog ožiljka stvara podmorska brazda (trench) u kojem započinje taloženje jursko-krednog fliša.

Krajem jure i početkom krede formiran je trog koji se pružao od Slunja do Albanije, čija je dužina u BiH bila oko 300 km i širina oko 80 km. U ovom trogu su do mastrihta taložene turbiditne naslage koje su sačuvane od Male Kladuše do Gacka (Banja Luka, Teslić, Maglaj, Nemila, Srednje, Vogošća, Umoljani, Kalinovik, Ulog i dr.). Predstavljene su laporcima, pješćarima, glincima i kalkarenitima. Flišni trog je imao nepravilan oblik, a svoj konačan izgled «sarajevska sigmoida» dobio je nakon pokreta laramijske i pirinejske faze.

U **donjoj kredi** dešavaju se krupni tektonski pokreti koji su imali odraza i na prostore BiH. Već u valendisu i otrivu pokrete dinarske faze karakterizira obrazovanje većih navlaka u čijem čelu je nastao trog Banja Luka – Sarajevo, a u kojem je vršena sedimentacija fliša sve do apta. Na prelazu donje u gornju kredu stvoreni su uslovi za taloženje gornjokrednog fliša u čijem sastavu su brečasti krečnjaci, kalkareniti, laporci i glinci. Talozenje fliša nastavlja se u turonu i starijem senonu. Fliš **gornje krede** sačuvan je oko Banja Luke, Vlašića, Zenice, Semizovca, Hadžića, Rakitnice, Gacka i drugim lokalitetima. Na kraju gornje krede, pokreti laramijske faze doveli su do prekida taloženja fliša gornje krede. Tada dolazi do značajnog izdizanja Središnjih Dinarida koji su u paleocenu, definitivno, ušli u kopnenu fazu.

U **paleocenu** se u sjevernim i sjeveroistočnim dijelovima Unutrašnjih Dinarida (okolina Doboja, Gračanice, Srebrenika), i u većem dijelu Visokog krša, talože krečnjaci. U **donjem eocenu** talože se fliševi u Spoljašnjim Dinaridima (Hercegovina), te u sjevernoj Bosni u koritu subparalelno današnjem Savskom rovu. U **srednjem eocenu** talože se lapori, pješćari i krečnjaci, a u **gornjem eocenu** pokreti pirinejske faze dovode do prekida marinske sedimentacije i taloženje fliša u sjevernoj Bosni. Kraj paleogena u cijelim Dinaridima pripada kontinentalnoj fazi. Marinski režim sedimentacije prestao je izdizanjem Alpa i Dinarida, a Tetis se razdvaja na Mediteran i Paratetis.

U **oligocenu** pokreti savske orogene faze dovode do formiranja većih paleodepresija u BiH kao što su: Sarajevsko-zenička, Livanjsko-duvanjska, Tuzlansko-Ugljevička, Banjalučko-prijedorska, Sansko-kamengradska i dr. U ovim paleodepresijama talože se terestične i limničke naslage pri čemu su nastali debeli slojevi uglja. U gornjem oligocenu nastupa baruštinsko-limnički režim pri čemu nastaju ugljeni slojevi sa glinama u podini, te lapori, pješćari i krečnjaci u krovini (Breza, Zenica, Bila, Ugljevik). Kraj oligocena obilježen je vulkanskim aktivnostima u srednjoj i sjevernoj Bosni koje su trajale i tokom većeg dijela donjeg miocena. Produkti vulkanizma su veće mase dacito-andezita i ležišta olova i cinka oko Srebrenice.

U **donjem i srednjem miocenu** stvaraju se jezerske facije (ugljevi, konglomerati, pješćari) ali i lagunske (sone) formacije u okolini Tuzle. Tokom moldavske faze koja obuhvata badenski vijek, nastavlja se taloženje klastita u Sarajevsko-zeničkom, Livanjskom i Duvanjskom basenu, uz diferencijalno tonjenje bazenskog dna i izdizanje Srednjobosanskog škrljavog gorja.

U to vrijeme se na prostorima sjeverne Bosne obavlja marinska sedimentacija uz taloženje sprudnih krečnjaka od Zvornika do Lješljana, te glina i lapora između sprudova. U ovom razdoblju započinje taloženje tkz. «lašvanskih konglomerata», lapora i pješčara na pravcu Travnik-Zenica-Sarajevo. Krajem badena i u starijem sarmatu započinje taloženje slojeva «koševske serije» izgrađene od glina, lapora, pješčara i slojeva uglja, koji imaju veće rasprostranjenje u okolini Sarajeva.

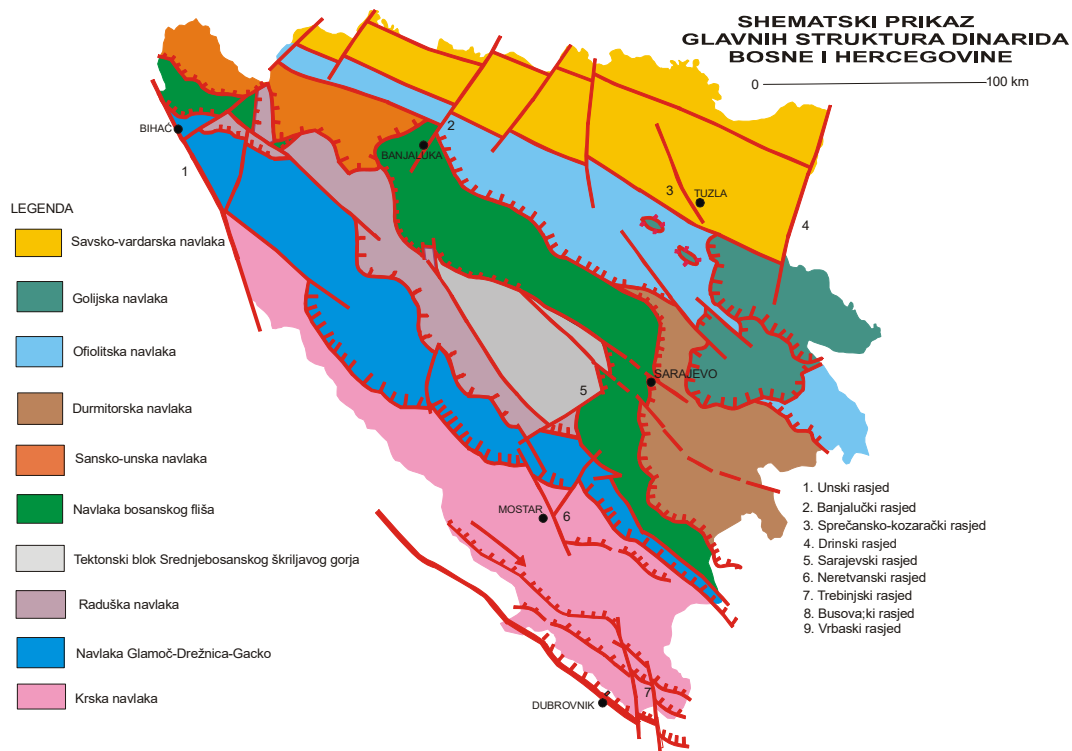
U *gornjem miocenu i donjem pliocenu* (panon i pont), pokreti rodanske faze izazivaju snažna rasjedanja koja su uzdigla miocenske sedimente u Gacku i spustila dno jezerskog basena u Mostaru. Izdigla se Tušnica i prekinuta jezerska sedimentacija u Livanjskom, Duvanjskom, Bugojanskom i dr. jezerima Dinarida BiH. U Sarajevsko-zeničkom basenu nataložena je serija «orlačkih konglomerata». Krajem pontata talože se kvarcni pijeskovi u Prijedorском basenu i Sprečanskoj dolini; definitivno je prekinut marinski režim sedimentacije, a jezera su egzistirala samo u najdubljim kotlinama oko Sarajeva, Mostara, Sanskog Mosta i Livna.

Tokom slavonske faze, od gornjeg pontata do pleistocena, nastavlja se tonjenje Savske, Sprečanske i još nekih potolina. Istovremeno se nastavlja izdizanje većeg dijela teritorije BiH čime se formiraju glavne crte reljefa, koji je u osnovi prepoznatljiv i danas.

U *kvartaru* djeluju pokreti intrapleistocenske faze pri čemu se nastavlja daljnje izdizanje visokih planina i stvaranje uslova za razvoj glacijacije na Vranici, Bjelašnici, Treskavici, Prenju i dr. U kvartaru dolazi do usjecanja Une, Sane, Neretve, Bosne i drugih rijeka, formiranja današnje riječne mreže i konačno oblikovanje reljefa Bosne i Hercegovine.

### **4.3. Glavne strukture**

Među brojnim radovima koji se bave problematikom strukturne građe Dinarida BiH u ovom radu se, prema H. H r v a t o v i ć u (2006.), izdvaja deset glavnih tektonskih struktura.



**Slika 6** – Glavne strukture u Bosni i Hercegovini (H.Hrvatović, 2006.)

## 5. GEOLOŠKA I GEOMORFOLOŠKA BAŠTINA U TURISTIČKOJ PONUDI

Bosna i Hercegovina predstavlja veoma zanimljivu turističku destinaciju, što je rezultat geografskog položaja, klimatskih uslova, geološke i geomorfološke raznolikosti, izuzetnih prirodnih ljepota i kulturno-historijskih vrijednosti.

Najveći dio turističke ponude zasnovan je na geološkoj i geomorfološkoj baštini i kulturno-historijskom naslijeđu. Preljepe planine, visoravni, doline, klisure, kanjoni, pećine, kraška vrela, rijeke, slapovi, jezera, močvare, te mineralne, termalne i termomineralne vode su osnovni faktori za razvoj različitih oblika turizma.

### Planine

Planinski sistemi u BiH imaju dinarsko pružanje pravcem sjeverozapad – jugoistok. Preko 2.000 m nadmorske visine su planine Zelengora, Lelija, Bjelašnica, Vran, Treskavica, Vranica, Plasa, Prenj, Čvrstica, Volujak i Cincar. Također, u BiH ima oko 60 planina sa nadmorskom visinom preko 1.500 m.



Slika 7 – Planine u Bosni i Hercegovini visine preko 2.000 m

- 1 Maglić 2386 m
- 2 Volujak 2336 m
- 3 Čvrsnica 2222 m
- 4 Vranica 2110 m
- 5 Prenj 2103 m
- 6 Treskavica 2086 m
- 7 Vran 2084 m
- 8 Bjelašnica 2066 m
- 9 Lelija 2032 m
- 10 Zelengora 2014 m
- 11 Cincar 2005 m

- **Maglić**

Maglić je planina koja se nalazi na granici BiH sa Srbijom i Crnom Gorom. Ima najviši vrh u Bosni i Hercegovini od 2.386 metara. Omeđena je rijekom [Sutjeskom](#) na zapadu, planinom [Volujak](#) na jugozapadu, rijekama [Drinom](#) i [Pivom](#) na sjeveroistoku, te planinom [Bioč](#) na jugoistoku.

U građi terena ove planine su, najvećim dijelom, krečnjaci srednjeg trijasa, vulkanogeno-sedimentna formacija ladinika, krečnjaci i dolomiti donje jure, te fliš gornje krede, a sačuvani su i brojni tragovi glacijacije i pleistocenski sedimenti. Na Magliću je [Perućica](#), najveća prašuma u [Evropi](#), te veliki cirk Urdeni dolovi sa [Trnovačkim jezerom](#) na 1.517 m. U podnožju planine su brojni izvori pitke vode.





**Slika 8 – Maglić**

Poseban raritet geološke baštine je instruktivan profil čela navlake krečnjaka srednjeg trijasa preko gornjokrednog fliša u kanjonu Sutjeske.

Zajedno sa planinama Volujak i Zelengora, te kanjonom Sutjeske, uključujući i rezervat Perućicu, pripada Nacionalnom parku "Sutjeska" .

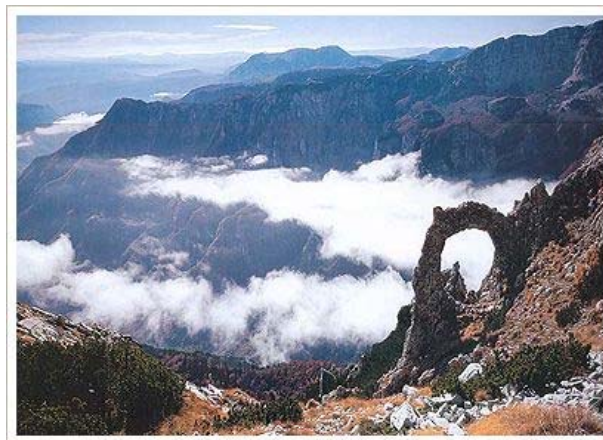
- **Čvrsnica**

Čvrsnica leži između kanjona Neretve na istoku, Dugog polja na zapadu, Doljanke na sjeveru i Drežanke na jugu.

Najviši vrh Čvrsnice je Pločno 2.228 m. Morfološki je Čvrsnica kraška visoravan u visini od 1.800 do 2.100 m iznad koje se izdižu grebeni.

U građi Čvrsnice su, uglavnom, mezozojski krečnjaci i dolomiti koji obiluju površinskim i podzemnim kraškim oblicima. Tragovi glacijacije su brojni; cirkove pri vrhovima i očuvane morene u zavali Dugog polja.

Poseban raritet je prstenasti otvor u krečnjacima eolskog porijekla tzv. „Hajdučka vrata“ koji bi trebao biti uključen u sve turističke ture koje vode ka Mostaru i Jadranskom moru, školske ekskurzije, edukaciju, i dr.



**Slika 9 –Hajdučka vrata na Čvrsnici**

Ekološka udruženja u BiH ulažu dosta napora za proglašenje područja Čvrsnice i Prenja nacionalnim parkom što je potrebno podržati kroz punu valorizaciju ove izuzetne geološke baštine.

- ***Vranica***

Planina Vranica se nalazi se na razvođu između rijeka Vrbasa i Bosne. Najviši vrh je Nadkrstac (2.110 m).



**Slika 10 – Vranica**

Vranica je izgrađena od paleozojskih klastita, karbonata i metamorfita koje su probili kvarcporfiri. Obiluje brojnim rudnim pojavama koje su eksploatirane kroz dugu historiju Bosne. Posebno su interesantni tragovi eksploatacije zlata iz Rimskog perioda na Zlatnom guvnu i Crvenim njivama, te srednjovjekovnog rudarenja u okolini Fojnice, Kreševa i Gornjeg Vakufa. Vranica je prepuna kristala brojnih minerala, a udruženje „Citrin“ Kreševo svake godine organizira izložbu kristala, što je potrebno uključiti u turističku ponudu BiH.

Na Vranici je Prokoško jezero glacijalnog porijekla. Planina obiluje brzim potocima, slapovima (Crnodu, Kozica), pećinama, kraškim izvorima i termalnim vodama.

- ***Prenj***

Prenj je jedna od najljepših planina u Bosni i Hercegovini. Na sjeveroistoku, sjeveru i zapadu je markira kanjon Neretve, a na jugoistoku planina Velež. Najveći vrh Prenja je Zelena Glava (2.155m).



**Slika 11 – Prenj**

U geološkoj građi Prenja su, skoro u cjelosti, zastupljeni svi katovi trijasa čije izdanke nalazimo na brojnim instruktivnim profilima.

Na Prenju su izvanredno sačuvani tragovi glacijacije; cirkovi Otiš, Tisovica, Kantarski cirk; valov Bijele, i dr., te morenski bedemi Tisovice. Poseban raritet je Boračko jezero glacijalnog porijekla

Sa Prenja se pruža izvanredan pogled na kanjone Neretve, Drežanke i Doljanke, te planine Čvrsnicu, Čabulju, Velež, Bjelašnicu, Zelengoru, brdo Humine i Jadransko more.

- ***Treskavica***

Treskavica se nalazi južno od Sarajeva i sa 2.088 m je najviša sarajevska planina.



**Slika 12 – Treskavica**

Treskavica se nalazi u čelu „durmitorske navlake“ koju karakterizira navlačenje karbonata trijasa na jursko-kredni fliš, a čije instruktivne profile nalazimo na kontaktu sa planinom Visočicom.

Poseban ukras Treskavice su njenih pet prekrasnih glacijalnih jezera, koja predstavljaju najizrazitije tragove ledenog doba na ovoj planini. Jezera predstavljaju pravu prirodnu rijetkost i planinarsku atrakciju, a nalaze se iznad 1500 m nadmorske visine. Glacijalna jezera na Treskavici: Veliko, Bijelo, Crno, Platno i Malo jezero predstavljaju vrijedne ekosisteme sa specifičnom florom i faunom.

- ***Bjelašnica - Igman***

Olimpijske planine Bjelašnica i Igman nalaze se jugozapadno od Sarajeva. Na njima su izgrađene skijaške staze, skakaonice i biatlon staze, te prateći hotelski kompleksi po čemu su prepoznatljive u zemlji i inostranstvu.



**Slika 13 – Bjelašnica**

U geološkoj građi ovih planina zastupljeni su svi katovi trijasa čije izdanke nalazimo na brojnim instruktivnim profilima.



**Slika 14 – Rasjed između anizijskih i ladinskih naslaga u usjeku puta za Bjelašnica**

Karbonati trijasa koji izgrađuju više dijelove ovih planina u veoma karstificirani: Od površinskih kraških oblika su zastupljene vrtače, uvale i humovi, a od podzemnih pećine i kraška vrela u njihovom podnožju. Tragovi glacijacije su sačuvani uglavnom na Bjelašnici i predstavljaju raritet u ovom dijelu Dinarida.

Poznati cirkovi su Veliki dol, cirk ispod Vlahinje, cirk Okrilo, niže glacijalno rame između Krošanja i Malog Štirnog dola, a od morenskih materijala su svjetski raritet fluvioglacijalni šljunci na Grkarici.



**Slika 15** – Fluvioglacijalni šljunkovi na G.Grkarici (u pozadini vrh Bjelašnice k.2067)

- **Jahorina**

Olimpijska planina Jahorina nalazi se oko 30 km jugoistočno od Sarajeva. Najviši vrh je Ogorjelica sa 1.916 m nadmorske visine. Zbog veoma povoljne konfiguracije terena, visine sniježnog pokrivača i izgrađenosti turističkih kapaciteta Jahorina se ubraja među najljepše i najpoznatije ski-centre u Evropi.



**Slika 16** – Jahorina

U geološkoj građi Jahorine su, najvećim dijelom, zastupljene naslage mlađeg paleozoika, donjeg i srednjeg trijasa. Nalazišta fosila u devonskim krečnjacima, pećine, brojni izvori pitkih i mineralnih voda su, u naučnom i privrednom pogledu, geološka baština od prvorazrednog značaja.

- **Grmeč**

Grmeč je jedna od najvećih planina u Bosni i Hercegovini. Nalazi se u sjeverozapadnoj Bosni gdje se, u dužini oko 70 km, proteže između rijeka Une i Sanice.

U geološkoj građi Grmeča učestvuju mezozojske naslage predstavljene, uglavnom, krečnjacima i dolomitima. Ovo su veoma karstificirane sa brojnim površinskim i podzemnim kraškim oblicima; vrtače, uvale, humovi kraška polja, pećine, kraška vrela i dr. Poznata kraška polja su: Bravsko, Petrovačko, Bjelajsko i Lušci polje, te zlatna Sanička dolina, a od kraških vrela posebna vrijednost su vrela Krušnice i Sanice.



**Slika 17** – *Bravsko polje na Grmeču*

Pored opisanih planina, u Bosni i Hercegovini nalazi se još nekoliko planina koje obiluju geološkom i geomorfološkom baštinom i koje su dijelom uključene u turističku ponudu kao što su: Zelengora, Vlašić, Kozara, Cincar, Dinara, Volujak, Trebević, Vran, Šator, i dr. Neke od njih, kao što su Zelengora, Volujak i Kozara, zaštićene su kao „Nacionalni park“; neke od njih su u postupku zaštite kao zaštićeni pejzaži, posebna obilježja, spomenici prirode i dr.

### **Rijeke, klisure i kanjoni**

U Bosni i Hercegovini, koja obiluje brojnim vodotokovima, najveći geološki i geomorfološki značaj za uključivanje u turističku ponudu imaju kanjoni i klisure rijeka Drine, Neretve, Vrbasa, Sane, Une, Krivaje i Rakitnice.



Slika 18 – Raspored većih rijeka u BiH

- **Drina**

Rijeka Drina se nalazi u istočnij Bosni. Njen dugački tok od oko 340 kilometara velikim dijelom je formiran u kanjonima i klisurama.

U kanjonu Drine mogu se vidjeti geološki, geomorfološki, kulturno-historijski i biološki objekti prvog reda, od koji su neki svjetski poznati i edemični; Most na Drini iz osmanlijskog doba pod zaštitom je UNESK-a , „pančićeva omorika“, otvoreni profili čela Golija navlake i dr.



Slika 19 – Most na Drini u Višegradu

Nizvodno od Foče u klisuri Drine su, skoro sve do Goražda, otvoreni profili plavosivih i zelenosivih filita i pješčara. Od Goražda do Višegrada Drina je usjekla kanjon u karbonatima trijasa navučenim na ofiolitski melanž čije instruktivne profile nalazimo u ovom prostoru.

- *Neretva*

Neretva ima dužinu od 225 km. Veći dio toka formiran je u kanjonima i klisurama usječenim u mezozojske karbonate. Kanjon je predisponiran rasjedima dinarskog pravca pružanja i rasjeda upravni na ovaj pravac. Posebno je impresivan kanjon Neretve između Jablanice i Drežnice, gdje su otkriveni kampski slojevi preko kojih slijede krečnjaci anizika i tvorevine vulkanogeno-sedimentne formacije ladinika. Posebno je interesantan i instruktivan tektonski kontakt trijaskih dolomita i donjojurskih krečnjaka ispod ušća Glogošnice u neretvu. Između Gornje i Donje Grabovice na kanjonskim stranama Neretve su za promatranje veoma interesantni sipari velikih dimenzija.



**Slika 20** – *Kanjon Neretve*

Neretva je poznata je po smaragdno-zelenoj boji vode. Stari most u Mostaru je svjetski poznat kulturni spomenik koji se nalazi i na UNESCO-voj listi svjetske kulturne baštine.

Pritoke Neretve su Ljuta, Rama, Drežanjka, Radobolja, Jasenica, Buna, Bregava, Trebižat, Krupa i Trebišnjica.



**Slika 21** – *Kanjon Drežanke*



Posebne raritete geološke baštine nalazimo u kanjonu Drežanke koji je nastao u tjemenu antiklinale poremećene rasjedom i konačno oblikovanim glacijalnim i fluvijalnim agensima. U kanjonu Drežnice otkriveni su brojni profili vulkanogeno-sedimentne formacije ladinika sa daonelama i posidonijama; naslage karnijskog i noričkog kata gornjeg trijasa; svih katova jure, te krede u punom razvoju. Navedene vrijednosti geološke baštine kanjon Drežanke uvršava u jedan od najljepših otvorenih geoloških profila mezozoika u Dinaridima BiH.

- ***Vrbas***

Kanjon Vrbasa se pruža od Donjeg Vakufa do Banja Luke u dužini oko 70 km. Nastao je u zoni vrbaskog rasjeda duž kojeg su otkrivene pretežno mezozojske naslage; od D.Vakufa do Jajca naslage donjeg trijasa sa probojima dijabaza i dalje ka Banja Luci krečnjaci krede.



**Slika 22 – Kanjon Vrbasa**

U zavisnosti od geološke građe i strukturno-tektonskih karakteristika terena duž toka Vrbasa formiraju se proširene doline, klisure i kanjoni. Posebno su zanimljive i izražene Uskopljska dolina, Vinačka klisura, kanjon Tjesno i Banjalučka kotlina.

Naročitu geomorfološku vrijednost ima kanjon Vrbasa između Jajca i Banja Luke čije vertikalne, često invesne strane, na kratkim rastojanjima mjestimično dostižu visinu preko 200 m.

- ***Una***

Una se nalazi u sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine. Njena dužina je oko 212 km i duž cijelog toka obiluje raritetnim geološkim i geomorfološkim oblicima; u gornjem i srednjem dijelu toka kanjonima, klisurama, slapovima, brzacima, sedrom, a u donjem riječnim adama, rukavcima i dr.. što je uvrštava u red najljepših rijeka u BiH ali i u Evropi. Nezaobilazan je dio turističke ponude u ovom prostoru.



Slika 23 – Klisura Une

- **Krivaja**

Klisura Krivaje ima dinaraski pravac pružanja; od Knežine na jugoistoku preko Olova do Zavidovića na sjeverozapadu. Do Olova je usječena uglavnom u krečnjake trijasa a dalje, najvećim dijelom, u tvorevinama dijabaz-rožnačke formacije. Klisura je formirana u zoni dugačkog rasjeda koji je presjekao tri navlake; ofiolitsku, golija navlaku i durmitorsku navlaku, a brojni otvoreni profili u klisuri Krivaje omogućuju njihovo promatranje.



Slika 24 – Klisura Krivaje

Poseban raritet je što se u koritu i obalama Krivaje pojavljuju izvori termalne vode. Na osnovi termalnih voda u Olovu je razvijen banjski turizam.

- **Rakitnica**

Kanjon Rakitnice je jedan od najdubljih kanjona u Evropi. Nastao je u zoni rasjeda između planine Visočice i Bjelašnice. Dužine je 21,5 kilometara, dubine i do 600 metara, a na pojedinim mjestima širina iznosi samo 70 centimetara..



**Slika 25** – *Kanjon Rakitnice*

Usječen je većim dijelom u jursko-kredni fliš i karbonate trijasa čije instruktivne profile nalazimo u kanjonu. Kanjon nije dovoljno istražen, a naročito pećine i kraška vrela koja se u njemu pojavljuju.

Od drugih brojnih rijeka u BiH koje se ističu raznovrsnošću i raritetima geološke i geomorfološke baštine su rijeka Sana i njene klisure, rijeka Pliva sa sedrom i vodopadom, klisura Miljacke od Pala do Kozje ćuprije, rijeka Janj kod Šipova, kanjon rijeke Orlje kod Olova, i dr.

### **Kraški oblici**

Na teritoriji Bosne i Hercegovine, posebno Spoljašnjih a dijelom i Središnjih Dinarida, veoma su razvijeni površinski i podzemni kraški oblici.

#### ***Površinski kraški oblici***

Od površinskih kraški oblika posebnu vrijednost predstavljaju: kraška polja, uvale, vrtače, škrape, slijepe doline, viseće kraške doline. Između 16 većih kraških polja u BiH poznatija su Glamočko, Livanjsko, Duvanjsko, Kupreško, Petrovačko, Gatačko, Nevesinjsko i Dabarsko, i dr. U nastavku se prikazuju neka kraška polja sa posebnim obilježjima geomorfološke, hidrogeološke i kulturno-historijske baštine.

- ***Livanjsko polje***

Livanjsko polje je formirano u tektonski predisponiranoj strukturi pružanja sjeverozapad-jugoistok. Površine od 405 km<sup>2</sup> i sa 65 km najduže kraško polje u BiH. Okruženo je visokim planinama. U neogenu je u njemu egzistiralo jezero, a danas Buško jezero najveća vještačka akumulacija u BiH. Kroz Livanjsko polje protiče nekoliko ponornica, koje pripadaju Jadranskom slivu rijeka.

Livanjsko polje je od izuzetne međunarodne važnosti za kosca (*Crex crex*). Vegetacija ovog područja je posebna mješavina sjevernoeuropske flore travnjaka i mediteranskih priobalnih biljaka



**Slika 26** – *Livanjsko polje*

- ***Glamočko polje***

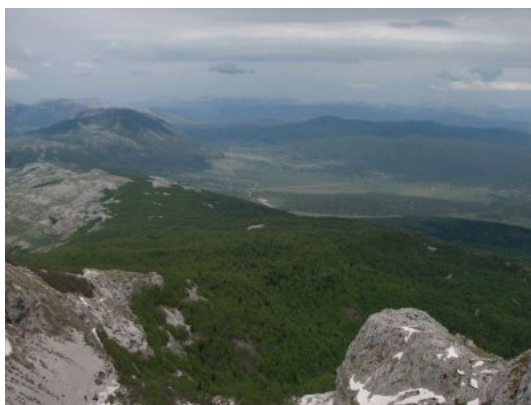
Glamočko polje je relativno zatvoreno kraško polje pružanja sjeverozapad –jugoistok. Polje je dužine oko 45 km i površine oko 130 km<sup>2</sup>. Sa svih strana ga okružuju visoke planinama čije sa visinama oko 2.000 m. U Glamočkom polju je podzemna i površinska razvodnica jadranskog i crnomorskog sliva.



**Slika 27** – *Glamočko polje*

- ***Nevesinjsko polje***

Nevesinjsko polje se nalazi između planina Velež, Crvanj i Bjelašnica (hercegovačke). Pruža se pravcem SSZ-JJI; dužine oko 23 km i širine 7,5 km. Nadmorska visina je oko 850 m. Polje je formirano u čelu navlake Gacko-Drežnica



**Slika 28** – *Nevešinsko polje*

U građi Nevešinskog polja i njegovog oboda učestvuju krečnjaci i dolomiti jure i krede, prominski konglomerati, laporci i gline sa ugljem eocen-oligocena. Dno polja ispunjavaju aluvijalni nanosi, a na njegovim sjeveroistočnim stranama su impresivni sipari čija je dužina mjestimično veća od 2 km. Polje odlikuje slabo razvijena hidrografska mreža; potok Alagovac koji teče ka ponoru Ždrijelo gdje ponire, te potok Dušila koji teče ka ponoru Babine jame. Rubom Polja protiče rijeka Zalomka koja južno od Nevešinja ponire i u značajnoj mjeri utiče na režim podzemnih voda vrela Bune i Dabarskog polja.

Nevešinsko polje, pored kraških oblika, obiluje kulturno-historijskim naslijeđem; stećcima, antičkim i drugim spomenicima kulture.

### **Podzemni kraški oblici**

Od podzemnih kraških oblika u BiH su posebna vrijednost pećine, kraška vrela i jame.

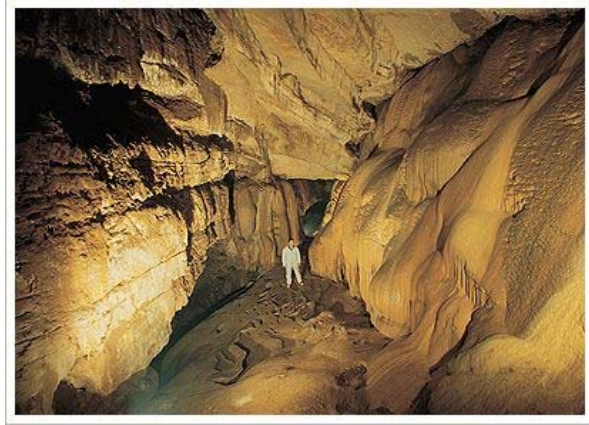
### **Pećine**

Među brojnim poznatim pećinama u BiH najveće su: Vjetrenica u Popovom polju, Bijambarske pećine kod Srednjeg, Banja Stijena kod Rogatice, Hrustovača kod Sanskog Mosta, Lednica kod Bosanskog.Grahova, Velika pećina kod izvora Bioštice-Sokolac, Orlovača kod pala, Vlasinaša kod Foče, Mračna pećina kod Prače, Propastva kod Višegrada i dr.

Najbolje istražene i zaštićene pećine u BiH su Vjetrenica i Pećinski sistem Bijambare, dok je u fazi istraživanja pećina izvora Miljacke kod Mokrog i Lednica kod Bosanskog.Grahova.

- ***Vjetrenica***

Vjetrenica se nalazi kod mjesta Zavala u Popovom polju. Nalazi se u čelu navlake Visokog krša. Ulaz je na sjevernoj strani brda Gradac visoko iznad Polja. Ukupna dužina otkrivenih pećinskih kanala je 6.500 m. U njoj se nalaze prostrane dvorane i hodnici, brojna jezera i nekoliko slapova. Ispunjena je pećinskim nakitom neprocjenjive vrijednosti. Od paleontoloških nalaza u pećini je otkriven kostur leoparda.



**Slika 29** – *Pećina Vjetrenica*

Na putu ka Vjetrenici u Popovom polju su brojni otvoreni profili krečnjaka u kojima možemo pronaći velike primjerke alveolina, zatim mnoštvo površinskih i podzemnih kraških oblika; vrtača, ponora i pećina.

Vjetrenica je zaštićeni spomenik prirode, te pored njene valorizacije kao speleološkog objekta prvog reda, treba pristupiti valorizaciji geoloških i geomorfoloških vrijednosti kako pećine tako i Popovog polja u cjelini. To će doprinijeti boljem poznavanju njene evolucije, stadija razvoja kraških procesa, te pomoći njenom daljnjem istraživanju i boljem poznavanju. Posebno treba podržati sva nastojanja zaštite ovog geomorfološkog objekta od neprocjenjive prirodne vrijednosti.

- ***Bijambare***

Pećinski sistem Bijambare nalazi se oko 40 km sjeverno od Sarajeva. Bijambarske pećine su prvorazredni kraški fenomeni; spadaju u grupu najvećih i najinteresantnijih u Dinaridima.



**Slika 30** – *Bijabarska pećina (glavna)*

Pećinski sistem Bijambare je formiran u karbonatima trijasa čela durmitorkse navlake u čijoj podini su klastiti donjeg trijasa i jursko-kredni fliš. Pećinski sistem obuhvata Gornju Bijambarsku pećinu; Srednju ili Glavnu Bijambarsku pećinu; Donju Bijambarsku pećinu, te Đuričinu i Dimšinu pećinu. Ovom sistemu pripada i ponor Bjelila, kao i brojne vrtače i drugi oblici krša. Dužina glavne Bijambarske pećine je 484 m.

- ***Ledenica kod Bosanskog Grahova***

Pećina Ledenica se nalazi iznad sela Resanovci kod Bosanskog Grahova. Smatra se da ima dužinu oko 20 km dok je istražena svega 700 m. Formirana je u mezozojskim krečnjacima u čelu navlake visokog krša.



**Slika 31** – *Pećina Ledenica*

- ***Pećina izvora Miljacke***

Pećina izvora Miljacke je tek nedavno dijelom detaljnije istražena. Nalazi se kod Mokrog nedaleko od Sarajeva. Do sada je izmjereno oko 3.600 m pećinskog kanala a pećina se nastavlja u tri kraka i više bočnih kanala.



**Slika 32** – *Pećina izvora Miljacke*

## Kraška vrela

- *Vrelo Bune*

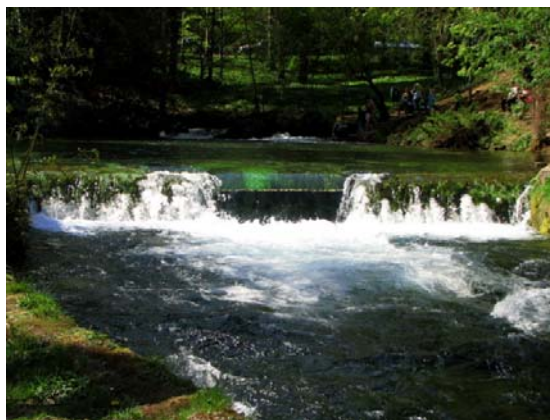
Vrelo Bune je jedno od najvećih kraskih vrela u Evropi, sa prosječnom izdašnosti oko 43 m<sup>3</sup>/sec. Pećina je formirana u čelu navlake presečenim rasjedom . Pećinskim ulazom ispod strme krečnjačke litice, unutrašnjom galerijom, dubinom i dužinom podzemnih kanala je među najinteresatnijim u Evropi. Ispred pećine je tekija podignuta u 17 stoljeću, zaštićeni kulturno-historijski spomenik.



Slika 33 – *Vrelo Bune*

- *Vrelo Bosne*

Vrelo Bosne se nalazi na Ilidži nadomak Sarajeva. Izvor je rijeke Bosne i jedno od najpoznatijih obilježja Bosne i Hercegovine. Izbija u najnižoj tački kontaktne linije Igmana i Sarajevskog polja, odnosno na presjecištu rasjeda Igman i rasjeda Brezovača-Vrelo Bosne. Razbijenog je tipa i ascendentnog mehanizma isticanja. Isticanje se vrši na nekoliko većih i manjih izvora, na površini od oko 6 ha. Izdašnost vrela  $Q_{min.}= 1,27 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{sr.}= 5,99 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $Q_{max.}=25,0 \text{ m}^3/\text{s}$



Slika 34 – *Vrelo Bosne*

Vrelo Bosne je poznata turistička atrakcija i proglašeno Spomenikom prirode.



- ***Vrelo Krušnica***

Vrelo Krušnice se nalazi 6 km jugoistočno od [Bosanske Krupe](#). Pojavljuje se u čelu unsko-sanske navlake koju, u ovim terenima, karakterizira navlačenje karbonata srednje-gornjeg trijasa na krečnjake donje i srednje krede. Čelo navlake je presječenog rasjedom što predisponiralo pojavu vrela.



**Slika 35** – *Vrelo Krušnice*

Pećinski kanal iz kojeg se pojavljuje vrelo je nedavno djelomično istražen do dubine 112 m. Vrelo je mnogo dublje i mnogo šire nego što se pretpostavljalo. Pronađene su i istražene, do sada nepoznate galerije dužine 750 metara, koje se spuštaju i ispod dubine 112 metara.

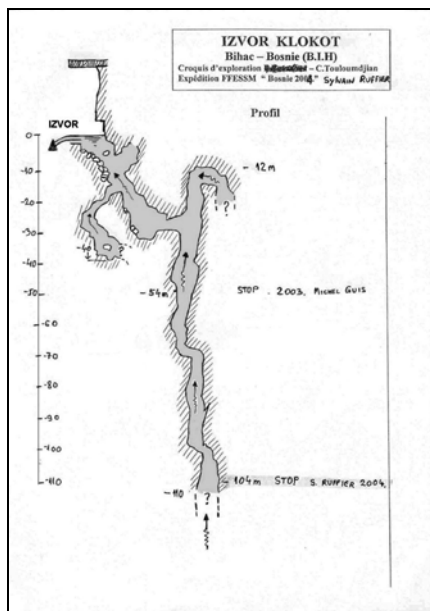
- ***Vrelo Klokot***

Vrelo Klokot je jedno od najvećih kraških vrela u Bosni i Hercegovini. Nalazi oko 6 km zapadno od Bihaća. Vrelo je uzlaznog karaktera i izbija iz skoro vertikalne pećine istražene do 104 m dubine. Minimalna izdašnost vrela se procjenjuje na oko 3,0 m<sup>3</sup>/s.



**Slika 36** – *Vrelo Klokot*

Na dubini od 28 metara ispod kote vrela otkrivena je kratka galerija, dužine 2 m i visine 5 m. Iza galerije nalazi se vertikalna kaverna promjera oko 70 cm, koja je istražena do dubine 104 m.



*Slika 37 - Ronjenjem dostignuta dubina pećine na izvoru Klokot (Francuska nacionalna ekspedicija, 2003, 2004)*

## Slapovi

- *Slapovi Une*

Na Uni se nalaze mnogi sedreni slapovi koji su od izuzetne prirodne vrijednosti. Osnovna odlika slapova je da su, u najvećoj mjeri, izgrađeni od sedrenog materijala. Voda rijeke Une ima odgovarajuću karbonatnu tvrdoću i specifične uvjete koji omogućuju formiranje slapova. Najpogodnije uvjete za nastajanje slapova možemo vidjeti na slapovima u Martin Brodu i na Štrbačkom buku, gdje je i najveći pad Une.



*Slika 38 - Štrbački buk*

- ***Slap Plive***

Slap Plive se nalazi u Jajcu neposredno prije ušća Plive u Vrbas. Slap je visok 22 m. Formiran je u kvartarnoj sedri u kojoj je i usječeno korito Plive.



**Slika 39** - *Slap Plive u Jajcu*

Pored slapa su otvoreni profili sedre nastali usjecanjem Plive; mjestimično masivne , mjestimično grubo uslojene, mjehuraste i cjevaste i dr. interesantni za proučavanje. U sedri su registrirane i tzv. katakombe koje su bogomolje iz ranog srednjeg vijeka, tvrđava Jajce i drugi objekti uključeni u turističku ponudu.

- ***Kravice***

Slapovi Kravice se nalaze na Trebižatu u Studencima, cca 7 km jugoistočno od Ljubuškog. Slapovi su širine oko 150 m i visine oko 28 m. Formirani su u kvartarnoj sedri gdje Trebižat ima veći pad i sužavanje korita.



**Slika 40** - *Slapovi Kravice u Ljubuškog*

Slapovi Kravice su pod zaštitom države kao prirodna rijetkost .

- **Skakavac kod Sarajeva**

Slap Skakavac se nalazi oko 15 km sjeverno od Sarajeva. Formiran je na lijevoj strani klisure Peračkog potoka. Slap je visok 98 m i najviši je u Dinaridima. Količina vode koja se obrušava niz vertikalnu liticu varira od 10-50 l/s a potiče iz potoka Skakavac i, većim dijelom, iz istoimenog vrela koje se nalazi oko 120 m uzvodno.



**Slika 41** - Slap Skakavac kod Sarajeva

Pored klisure Peračkog potoka i slapa, u ovom terenu su promatranju dostupni sinklinala Ozren-Luka, perački rasjed i čelo Durmitorske navlake. Promatranju je dostupan veći broj otvorenih profila „sarajevskih pješćara“ donjeg trijasa, krečnjaka anizika buloškog tipa, tvorevina vulkanogeno-sedimentne formacije ladinika i sekvenci jursko-krednog fliša. Posebn raritet je sedra u dolini potoka Skakavac

Slap Skakavac je zaštićen kao spomenik prirode.

Među brojnim manjim slapovima u Bosni i Hercegovini poznati su još slapovi Bliha kod S.Mosta, Kozica kod Fojnice, slap na rijeci Janj kod Šipova i dr...

### **Jezer**

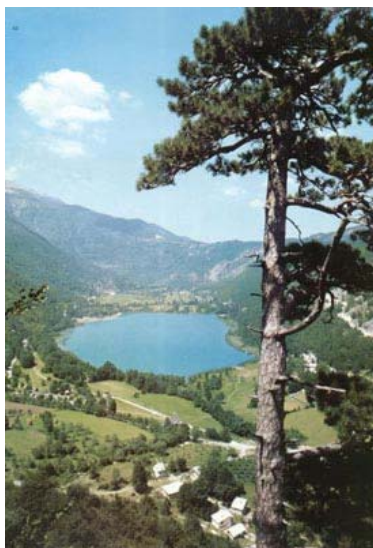
Na teritoriji Bosne i Hercegovine postoji veći broj prirodnih jezera od kojih su neka glacijalnog porijekla. Veća i poznatija su Boračko, Blidinje, Prokoško, Šatorsko, te jezera na Zelengori, Treskavici, Bjelašnici, i dr.



Slika 42 - Raspored jezera u BiH

- **Boračko**

Boračko jezero se nalazi na sjeveroistočnoj strani Prenja, na nadmorskoj visini od 405 m. Od Konjica je udaljeno 21 km. Jezero je dužine 786 m , širine 502 m i dubine do 14 m. U njega se ulijeva Borački potok, a iz njega otiče rječica Sištica koja pravi vodopad visok preko 30 metara.



Slika 43 – Boračko jezero

- ***Prokoško jezero***

Prokoško jezero se nalazi na Vranici, oko 20 km od Fojnice. Nalazi se na nadmorskoj visini od 1.636 metara; dužine je oko 400 metara, a širine oko 170 metara. Dubina jezera je oko 10 metara. Jezero je glacijalnog porijekla formirano istočno od vrha Krstac. Poseban raritet je zadnji zid jezerskog cirka izgrađen od filita, a blizu jugoistočnog ispuščenja jezera u vidu ostrva se, ispod glečerskom materijala, naziru plavičasti dolomiti. Niže jezera se na nekoliko uzvišenja uzdižu plavičastobijeli i prugasti mermeri.



**Slika 44** – *Boračko jezero*

Okolo jezera se uzdižu vrhovi Vranice na kojima su otkriveni i promatranju dostupni profili devonskih krečnjaka ispod kojih leže stariji paleozojski filiti.

- ***Blidnje jezero***

Blidnje jezero je Park prirode smješteno u dnu Dugog polja na sjeverozapadnoj strani Čvrsnice. Situirano je na visini 1.184 m i zahvata površinu od oko 6 km<sup>2</sup>. Najveći dio terena uže okoline Blidnjeg jezera izgrađuju dolomiti i krečnjaci gornje jure, i donje krede, a samo jezero je formirano na dolomitskoj osnovi.



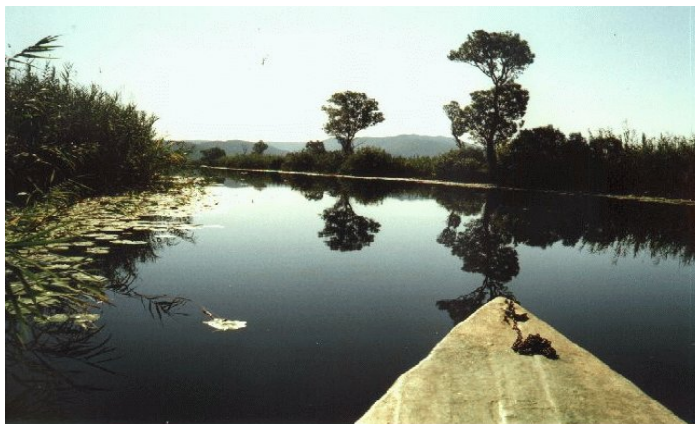
**Slika 45** – *Blidnje jezero*

Jezero nema niti jedne pritoke ili izvora koji ga prihranjuje, a voda u jezero dolazi isključivo od strane atmosferskih padavina. U pluvijalnim periodima godine voda iz jezera otiče ponorom Mrcine drage, ispod litice Jelenak, formiranom u krečnjacima donje krede.

Pored brojnih jezera u Bosni i Hercegovini se nalazi i nekoliko močvara među kojima je poseban raritet Park prirode Hutovo blato.

- ***Hutovo blato***

Hutovo Blato jedinstvena submediteranska močvara smještena u tipičnom kraškom području južne Hercegovine. Smatra se jednim od najvećih zimovališta ptica na području Europe.



**Slika 46 – Hutovo blato**

## **Banjska lječilišta**

Materijalni dokazi i arheološki dokumenti pokazuju da korištenje ljekovitih svojstava termalnih i mineralnih voda u Bosni i Hercegovini seže u duboku prošlost još u periode vladavine Rimljana, Grka i Turaka ovim prostorima. Bosna i Hercegovina je veoma bogata mineralnim, termalnim i termomineralnim izvorima na osnovi kojih su razvijena brojna banjska lječilišta u Ilidži kod Sarajeva, Olovu, Fojnici, Tesliću, Gradačcu, Srebrenici, Dvorovima kod Bijeljine, Gati kod Bihaća, Tuzli, Slatini i Laktašima kod Banja Luke, Višegradu, Mlječanici kod Kozarske Dubice i Sanska Ilidža. U nastavku se daje kratak prikaz samo nekih banjskih lječilišta u Bosni i Hercegovini sa dugogodišnjom tradicijom.

- ***Banja Ilidža, Sarajevo***

U sred sarajevskog polja na Ilidži nalazi se nadaleko poznata Banja Ilidža. Izvori termomineralne (sumporne) vode korišteni su u još u vrijeme rimljana. U periodu austro-ugarske ovdje su izgrađeni hoteli i banjski sadržaji, a danas se termomineralna voda uspješno koristi u liječenju raznih, posebno reumatskih, oboljenja.



**Slika 47** – Sedra na ušću bušotine IB-2 Ilidža i aragonitna humka „Zmijaska stijena“

Geneza voda vezana je za permotrijaske naslage koje su u Sarajevskom polju duboko spuštene u zoni busovačkog razloma. Termomineralne vode su temperature 59 °C i mineralizacija oko 3.300 mg/l

Poseban raritet u zoni Banje Ilidža su aragonitne humke koje su na žalost devastirane.



**Slika 48** – Hotel Bosna na Banji Ilidži

Banja Ilidža sa alejom platana i ilidžanskim parkovima, te Vrelom Bosne, Igmanom, Bjelašnicom i Sarajevom u blizini predstavlja mjesto na kojem se idealno mogu kombinovati liječenje i svi vidovi turizma.

- **Banja Olovo**

Izvori termalne vode u Olovu nalaze se sa lijeve strane rijeke Bioštica, neposredno prije ušća u Stupčanicu. Pojavljuju se u čelu Ofiolitske navlake kojom su, u ovom dijelu terena, tvorevine dijabaz-rožnačke formacije jure navučene na trijaskie karbonate i klastite, te zatim poremećene rasjedom Krivaje.





**Slika 49** – *Banja Aquareumal u Olovu*

Podaci ispitivanja pokazuju da je voda termalna, temperature oko 34 °C, mineralizacije oko 0,45 g/l i slaboradioaktivna (2,7 MJ).

Termalna uspješno se koristi u liječenju raznih, posebno reumatskih, oboljenja. Mogućnosti i domena primjene termalnih voda Olova su velike; banjski i rekreacioni turizam, liječenje, flaširanje, vodosnabdijevanje, uzgoj ribe, zagrijavanje plastenika i objekata i dr.. Ove mogućnosti su značajno veće u kombinaciji sa ostalim vrijednostima prirodne baštine (rijeka Krivaja, planinski teren sa izvanrednim biodiverzitetom, kraška vrela, pećine i dr.) a što bi, pravilnim planiranjem izgradnje kapaciteta za njihovo korištenje omogućilo brži ekonomski razvoj ovog kraja i upotpunilo turističku ponudu.

- ***Banja Fojnica***

Izvori termalne vode nalaze se u selu Banja oko 1 km sjeverno od Fojnice. Termalne vode potiču iz mermera i mermerizirani krečnjaka najgornjeg silura.



**Slika 50** – *Banja Reumal u Fojnici*

Temperatura vode je oko 30°C; mineralizacije oko 0,5 g/l i povišene radioaktivnosti.

Termalna voda uspješno se koristi u liječenju reumatskih oboljenja.

- ***Banja Vrućica***

Termomineralne vode u Banji Vrućici kod Teslića potiču iz trijaskog karbonatnog akvifera sačuvanom duboko ispod tvorevina „dijabaz-rožnačke formacije“.



**Slika 51** – *Banja Kardijal u Banji Vrućici*

Podaci ispitivanja pokazuju da je voda termomineralna, ugljikisela i mineralizacije oko 4,5 g/l.

U Banji Vrućici uspješno se liječe bolesti srca i krvotoka, reumatizam, stomačne bolesti, šećernu bolest, pospješuje i ubrzava procese rehabilitacije, pomaže zdravim da održavaju i pospješuju kondiciju, neuroze i neuralgije. Povoljna klima, mnogo zelenila na širim prostorima Banje i rijeka Usora upotpunjuju vrijednost ovog centra i turističku ponudu ovog kraja.

## 6. PRAVCI DALJNJIH AKTIVNOSTI NA VALORIZACIJI I UČEŠĆU GEOLOŠKE I GEOMORFOLOŠKE BAŠTINE U TURISTIČKOJ PONUDI

U cilju valorizacije geološke i geomorfološke baštine i njeno adekvatno uključivanje u turističku ponudu Bosne i Hercegovine potrebno je u narednom periodu pokrenuti i provesti slijedeće aktivnosti:

### a) Valorizacija geološke i geomorfološke baštine

Valorizaciju geološke i geomorfološke baštine izvršiti na osnovu namjenski pripremljenih programa i projekata u fazama osnovnih, regionalnih i detaljnih istraživanja.

Rezultati osnovnih istraživanja su polazište za regionalna, a zatim i detaljna istraživanja pojedinih perspektivnih objekata geološke i geomorfološke baštine.

U Bosni i Hercegovini, za ove namjene, nisu izvršena čak niti osnovna istraživanja. Poduzete su određene aktivnosti na izradi katastra speleoloških objekata; Federalni zavod za geologiju je u fazi izrade katastra mineralnih, termalnih i termomineralnih voda, te katastra čvrstih mineralnih sirovina Federacije BiH; pokrenute su aktivnosti na izradi geoloških i hidrogeoloških karata teritorije BiH; studija ranjivosti prostora; prostornih planova i dr što, između ostalog, može poslužiti u valorizaciji geološke i geomorfološke baštine u BiH.

Valorizaciju geološke i geomorfološke baštine pojedinog objekta i prostora koji su od značaja za uključenje u turističku ponudu ili direktnu i indirektnu zaštitu prostora u kojem je smješten geološki objekta izvršiti na način da u što većoj mjeri budu proučeni:

- **Geološka građa terena** (geološke periode i njihov razvoj, litofacije, otvoreni instruktivni geološki profili, i dr.)
- **Paleontološki artefakti** (nalazišta makrofosila, slojeva koji odražavaju promjene uslova sedimentacije, diskordancije i sl.)
- **Mineraloško-petrografsko artefakti** (kristali, rijetke stijene, stijene posebne teksture i dr.)
- **Strukturno-tektonske odlike prostora** (geotektonski položaj, instruktivni naborni oblici i rasjedi, čela krupnih navlaka i dr.)
- **Hidrogeološke odlike prostora** ( izvori veće izdašnosti, školski primjeri načina pojavljivanja i mehanizma isticanja podzemnih voda, snažna kraška vrela, potajnice, estavele, izvori mineralnih, termalnih i termomineralnih voda, i sl.)
- **Geomorfološki oblici** ( planine sa posebnim obilježjima, površinski i podzemni kraški oblici sa posebnim akcentom na evoluciju kraških procesa, ponori i pećine, kanjoni i klisure, slapovi, fluvijalni i eolski oblici, glacijalni oblici i dr.)

## **b) Uključivanje geološke i geomorfološke baštine u turističku ponudu**

Geološku i geomorfološku baštinu moguće je na adekvatan način i uspješno uključiti u turističku ponudu tek nakon njene pune valorizacije. Nakon valorizacije geološke i geomorfološke baštine potrebno je pokrenuti slijedeće aktivnosti:

- ***Priprema i opremanje objekata od geološke važnosti*** za posjetioce (priprema pristupnih komunikacija i vidikovaca, uređenje i konzerviranje objekata, i dr.)
- ***Marketinške aktivnosti*** (priprema odgovarajućih karti, skice turističkih tura, panoji sa slikama i opisima objekata, časopisi, filmske reportaže, prezentacije u zemlji i inostranstvu, uključivanje u turističku ponudu BiH, Europe i svijeta, i dr.)
- ***Povezivanje geološke i geomorfološke baštine sa drugim turističkim sadržajima i destinacijama*** (povezivanje izletničkih tura sa destinacijama kulturno-historijskog naslijeđa; kongresi, naučni i edukativni sadržaji, školske ekskurzije, zdravstvenim i rekreativnim turističkim objektima i sl.)
- ***Zaštita objekata i prostora od geološke i geomorfološke važnosti***
- ***Priprema najperspektivnijih područja od geološke i geomorfološke važnosti za uključivanje u mrežu „Geoparkova“ UNESCO.***

Dr.sc. Ferid Skopljak, naučni saradnik

Sarajevo, oktobar 2008. godine

**dr RANKO CVIJIC, dipl.ing.geologije, Komisija za koncesije Republike Srpske**  
**ALEKSEJ MILOŠEVIĆ, dipl.ing.geologije, Rudarski institut Prijedor**

**„PLENARNO IZLAGANJE“**

**ODRŽIV RAZVOJ MINERALNIH RESURSA  
REPUBLIKE SRPSKE I MINERALNA  
STRATEGIJA I POLITIKA**

**MAINTAINED DEVELOPMENT OF MINERAL  
RESOURCES IN THE REPUBLIC OF SRPSKA AND  
MINERAL STRATEGY AND POLICY**

## **Apstrakt:**

Države koje raspolažu sa verifikovanom mineralno-sirovinskom bazom i u određenoj mjeri razvijenom mineralnom ekonomijom, po pravilu imaju i razvijene i zvanično usvojene mineralne strategije i politike. U savremenim uslovima, optimalna mineralna strategija i politika su samo one koje su u skladu sa principima, kriterijumima i ukupnim konceptom održivog razvoja. Optimalna mineralna strategija i optimalna politika obezbjeđuju optimalan odnos između četiri fundamentalne sfere: ekonomske, ekološke, društvene i sfere upravljanja od strane državnih organa.

Na prostorima koje zauzima republika Srpska, skoncentrisana je relativno značajna iraznovrsna mineralno-sirovinska baza koja je najvećim dijelom formirana u periodu pre poslednjeg rata. U cilju njenog optimalnog korišćenja neophodno je razraditi i usvojiti, kao zvaničan državni dokumenat, održivu mineralnu strategiju i politiku, polazeći od iskustava koja postoje u nizu država, razumije se imajući u vidu i odgovarajuće domaće specifičnosti.

U radu je razrađen osnovni koncept održive mineralne strategije i politike Republike Srpske, sa konkretnom procedurom i odgovarajućim preduslovima koje treba obezbijediti da bi utvrđeni dokumenti bili optimalni i odgovarali savremenim ekonomskim, ekološkim, socijalnim i upravljačkim zahtjevima.

**Ključne riječi:** mineralna strategija, mineralna politika, održivi razvoj, mineralni resursi

**Abstract:**

The countries where the mineral-resources base is proved and in appropriate level is developed mineral economy, generally desposed with developed and officially resolved mineral strategies and mineral policies. In contemporary conditions optimal mineral strategy and policy are only those which are harmonized with principles, criterias and complete concept of sustainable development. Optimal mineral strategy and policy provide optimal relation between four fundamental spheras: economical, ecological, social and sphere of governing.

On the area which covered Republic Srpska is concentrated relative important and various mineral resource:s base which were in most part formed before last war. For the purpose of their optimal using, its esential to develop and resolve as official state's document sustainable mineral strategy and policy, on the bases of expirience which existed in some states, and also it must be in mind that there are some domestic specifities.

The paper presents the general concept of Republic Srpska mineral strategy and policy, with concrete procedure and appropriate preconditions which must provide that resolved documents would be optimal and in harmony with contemporary economic, ecologic, social and governing demands.

**Key words:** mineral strategy, mineral policy, sustainable development, mineral resources

## UVOD

Mineralni resursi su nesumnjivo značajan faktor ukupnog održivog ekonomskog i društvenog razvoja. Države koje raspolažu na svojoj teritoriji sa ovim prirodnim bogatstvima respektivnog obima, kvaliteta i raznovrsnosti, imaju adekvatan preduslov za razvoj mineralne ekonomije. Međutim, optimalno korišćenje mineralnih resursa zahtijeva razradu, zvaničnu verifikaciju i doslednu primjenu održive mineralne strategije i politike.

U skladu sa tim, više zemalja, pre svega one koje su značajno razvile svoje mineralno-sirovinske komplekse (SAD, Kanada, Australija, JAR, Kina, Rusija), ali i one sa skromnim mineralnim resursima (Fidži, J.Koreja, Tajland, Novi Zeland i dr.), utvrdile su i sprovode u praksi odgovarajuće mineralne strategije i politike kao državne dokumente.

U savremenim uslovima, posebno posle Konferencije u Rio de Žaneiru 1992. godine, mineralne strategije su, u jednom broju zemalja praktično dijelovi kompleksnih strategija održivog razvoja, odnosno strategija održivog razvoja prirodnih resursa. Republika Srpska raspolaže relativno značajnijom i raznovrsnom mineralno-sirovinskom bazom koja, ukoliko se stvori podsticajni ambijent, odnosno obezbede potrebni preduslovi za optimalno upravljanje, može postati jedan od važnijih faktora ubrzanijeg privrednog razvoja države. Upravo, pored ostalog, izrada odgovarajuće održive mineralne strategije i politike predstavlja jedan od neophodnih elemenata tog ambijenta. [1]

U ovom radu, analitičko-sintetičkim postupkom, komparativnom analizom, na principima sistemske analize, uz korišćenje metode analogije, razmatrana su dva kompleksa pitanja koja se odnose na:

- definisanje pojmova održiva mineralna strategija i mineralna politika, i interaktivne i korelativne veze sa održivom strategijom prirodnih resursa; i
- predlog osnovnog koncepta održive mineralne strategije i mineralne politike za Republiku Srpsku u skladu sa realnim mogućnostima i potencijalima njene mineralno-sirovinske baze i mineralne ekonomije.

## OSNOVNI OKVIRI ODRŽIVE MINERALNE STRATEGIJE I MINERALNE POLITIKE

Mineralna strategija je u suštini parcijalna strategija ukupne strategije privrednog (ekonomskog) i društvenog razvoja određene države, kao što su to i strategija razvoja energetike, strategija naučno-tehnološkog razvoja, spoljno-trgovinska strategija, monetarno-kreditna strategija, strategija razvoja poljoprivrede i dr. Mineralna strategija je u interakcijskim odnosima sa navedenim i drugim strategijama, što naročito dolazi do izražaja kod njene veze sa strategijom razvoja energetike. [10,17]

Strategija privrednog (ekonomskog) razvoja se najčešće definiše kao kompleks koordiniranih akcija koje, u određenom vremenskom periodu, dovode do realizacije postavljenih osnovnih ciljeva privrednog i društvenog razvoja, uz odgovarajuće odabrane promjene u funkcionisanju privrede, pri čemu se koriste određeni upravljački parametri predviđeni za svaki razvojni cilj. Ovi ciljevi, koji se nazivaju strateškim ciljevima su bitan element koncipiranja razvojne strategije.



Strategija privrednog razvoja i upravljanja ovim razvojem (strateški menadžment) se izrađuje i realizuje na praktično svim upravljačkim nivoima, od privrede cjelokupne državne zajednice i njenih dijelova, pa sve do nivoa složenih kompanija i pojedinačnih preduzeća, granski i teritorijalno, odnosno paralelno i istovremeno.

Bez obzira o kojoj se strategiji radi, mora se imati u vidu da su uvijek u pitanju izabrani osnovni ciljevi u odgovarajućoj oblasti (domenu), u određenom vremenskom periodu, pri čemu se moraju koristiti određene osnovne, posebne i specijalne metode koje obezbjeđuju realizaciju tih ciljeva, i se to uz odabrane upravljačke parametre relevantne za tu realizaciju. Osim toga, optimalna strategija razvoja se radi u više varijanti mogućeg budućeg razvoja, na osnovu kojih se, za date uslove i iste strateške ciljeve, utvrđuje najpovoljnija. [17]

Svaka opšta privredna (ekonomska) strategija, a to se svakako odnosi i na mineralnu strategiju, mora imati svoju **viziju, misiju, razvojne prioritete i strateške ciljeve**. Na osnovu njih se donosi odgovarajuća ekonomska politika kao niz svijesnih i organizovanih planskih aktivnosti i mjera koje država i njeni organi preduzimaju radi ostvarivanja postavljenih strateških ciljeva.

Mineralna politika je sastavni dio opšte ekonomske politike države, i te dve politike se međusobno prožimaju, proizilaze jedna iz druge i djeluju jedna na drugu u svakom konkretnom slučaju. Najvažniji ciljevi ekonomske politike jedne države su: održivi privredni rast i permanentni razvoj, zatim obezbjeđivanje što većeg stepena zaposlenosti radno sposobnog stanovništva, stabilnost tržišta i cijena, kao i odgovarajuća ravnoteže u razmjeni roba i usluga sa inostranstvom. Za ostvarivanje ovih i drugih ciljeva, koji posebno proizilaze u domaćim uslovima i iz strateškog opredeljenja za tranziciju u tržišnu privredu, koriste se raznovrsni i mnogobrojni instrumenti i mjere, što je primjereno društveno-ekonomskom i političkom sistemu zemlje.

Kada je u pitanju kreiranje optimalne i dugoročno zasnovane mineralne strategije i mineralne politike u državi, upravo je značajno kako se navedeni ciljevi realizuju u mineralno-sirovinskom kompleksu, i kakvi su direktni i povratni uticaji realizacije postavljenih ciljeva mineralne politike na ekonomsku politiku. Pri tome se polazi od toga da Mineralno-sirovinski kompleks (MSK), ili kako se još naziva mineralni sektor, u suštini predstavlja mineralno-sirovinsku bazu (MSB) i odgovarajuće segmente (oblasti) koje je stvaraju (obezbjeđuju), odnosno eksploatišu, pripremaju za primarnu preradu, obradu i različita područja proizvodne i druge potrošnje, a to su geološka istraživanja, osvajanja ležišta mineralnih resursa, njihova eksploatacija, priprema i koncentracija, topljenje, rafinisanje i dr.

U savremenim uslovima, optimalna mineralna strategija i politika su samo one koje su usklađene sa koncepcijom i principima održivog razvoja, odnosno u okviru kojih su obezbijeđeni optimalni odnosi između četiri karakteristične sfere: ekonomske, ekološke (zaštita životne sredine), društvene i sfere upravljanja od strane državnih organa. [15, 17,18]

Održivo korišćenje mineralnih resursa u najširem smislu, može dati svoj potpuni doprinos održivom ekonomskom i društvenom razvoju odgovarajuće države, kroz zadovoljavanje potreba sadašnje generacije bez ugrožavanja budućih generacija u njihovom obezbjeđivanju podmirivanju sopstvenih potreba.

[5] U skladu sa tim se razvijaju održiva geološka istraživanja i održivo rudarstvo, odnosno ukupno održivo korišćenje mineralnih resursa kao prirodnih vrijednosti od opšteg društvenog interesa i komponente obuhvaćene sistemom zaštite životne sredine. Iz ovoga proizilazi da svaka mineralna strategija i politika, moraju, pored već navedenog, polaziti od osnovnih načela sistema zaštite životne sredine, a to su: 1) načelo integralnosti; 2) načelo prevencije; 3) načelo proporcionalnosti; 4) načelo saradnje; 5) načelo očuvanja prirodnih vrijednosti; 6) načelo ponovne upotrebe i reciklaže; 7) načelo supstitucije; 8) načelo odgovornosti zagađivača i njegovog pravnog slijedbenika; 9) načelo zagađivač plaća; 10) načelo korisnik plaća; 11) načelo obaveznog osiguranja; 12) načelo subsidijarne odgovornosti; 13) načelo primjene podsticajnih mjera; 14) načelo razvijanja svijesti o značaju održivog razvoja i posebno zaštite životne sredine; 15) načelo informisanja i učešća javnosti; 16) načelo zaštite prava i pristupa pravosuđa; 17) načelo razvijanja svijesti u najširoj javnosti o izuzetnom značaju mineralnih sirovina, posebno neobnovljivih energetske resursa; i 18) načelo zadovoljavanja potreba budućih generacija.

## **ODRŽIVA MINERALNA STRATEGIJA I POLITIKA REPUBLIKE SRPSKE - ORIJENTACIONI KONCEPT**

Na osnovu dosadašnjih iskustava iz Svijeta i zemalja okruženja, u narednom izlaganju su prikazani suštinski elementi koje bi, po mišljenju autora, trebala da sadrži mineralna strategija i mineralna politika Republike Srpske.

Polazeći od značaja uloge i potencijalnih mogućnosti mineralnih resursa Republike Srpske (ugalj, rude gvožđa, olova i cinka i nikla, industrijskih minerala, građevinsko-tehničkog kamena, mineralnih, termalnih i dr. voda itd.), za dalji intenzivniji održivi ekonomski, ekološki i društveni razvoj, bez ugrožavanja životne sredine, odnosno bez trošenja ograničenih rezervi na štetu budućih generacija; zatim uočavajući potrebu da se raspoloživi i potencijalni resursi moraju istraživati, eksploatisati i koristiti u skladu sa savremenim dostignućima nauke, tehnike i tehnologije, uz optimalno upravljanje na osnovama razvijenog menadžmenta; i imajući u vidu ograničenost fonoda u Republici Srpskoj da razvija mineralni kompleks sopstvenim snagama, a polazeći od fundamentalnih opredelenja u cijeloj društvenoj zajednici za svojinsku transformaciju kroz privatizaciju i razvoj na tržišnim osnovama, zatim kroz koncesionarstvo i potrebu stvaranja atraktivnog zakonskog i drugog ambijenta za privlačenje inostranih i domaćih investitora za ulaganja u mineralno-sirovinski kompleks (mineralni sektor) predlaže se **Osnovni koncept mineralne strategije i mineralne politike Republike Srpske.**

Pri tome je bitno polaziti od sledećeg:

1. Na teritoriji Republike Srpske skoncentrisano je ekonomski relativno značajno za domaće potrebe (djelimično i izvoz) mineralno bogatstvo (mineralni resursi), koje se kada je u pitanju jedan broj mineralnih sirovina, već duže vrijeme koristi i daje značajan ekonomski i ukupan društveni doprinos razvoju Republike u cjelini. Na osnovu postojećih rezervi i potencijalnih resursa, zatim do sada ostvarene i planirane proizvodnje, broja zaposlenih i stepena njihove obučenosti u mineralnom sektoru, tehničke opremljenosti i dostignutog nivoa tehnološkog razvoja tog sektora i vrijednosti osnovnih sredstava (kapitala), postignutih rezultata geoloških, geofizičkih i dr. istraživanja, ostvarenog obima uvoza i izvoza i drugih parametara, može se sa sigurnošću konstatovati da Republika Srpska ima u određenoj mjeri razvijenu mineralnu ekonomiju, a u vezi sa tim potrebu da utvrdi oficijelnu mineralnu strategiju i politiku [4,5, 9,11,12,13,16];

2. Mineralna strategija je zvaničan državni dokument koji ima svoju viziju i misiju. Vizija praktično predstavlja dalekosežan pogled na raspoložive i potencijalne resurse, mogućnosti njihovog održivog korišćenja i reagovanja na nov način na osnovne, najznačajnije probleme koji se pojavljuju u mineralno-sirovinskom kompleksu i njihovom užem i širem okruženju. Posebno treba imati u vidu da je strategija u suštini globalni zadatak ili poduhvat, sastavljen od niza mnogobrojnih povezanih i međusobno uslovljenih (zavisnih) zadataka i akcija. Primjena strategije je istovremeno i složen upravljački proces, što proizilazi i iz same kibernetike definicije strategije da je ona skup pravila, principa i zakona, koji se koriste u donošenju dugoročnih upravljačkih akcija u funkciji sistema na koji se odnosi, npr, strategija optimalnog razvoja sistema.

Vizija u oblasti mineralnih resursa Republike Srpske svodi se, u najkraćim crtama, na slijedeće:

a) Zaokružen, sklada, restruktuiran u svojinskom, organizacionom i tržišnom smislu mineralno-sirovinski kompleks. U okviru njega se racionalno, efikasno i efektivno odvijaju, na principima održivog razvoja, geološka i geofizička istraživanja, eksploatacija, prerada, zatim komunikacija sa proizvođačima, zainteresovanim investitorima, stanovnicima područja gdje se odvijaju aktivnosti u vezi sa mineralno-sirovinskim kompleksom i dr. relevantnim faktorima, uz optimalno poštovanje optimalno poštovanje ekonomskih, ekoloških i društvenih interesa. Prirodni kapital, odnosno koristi od ekstrakcije mineralnih sirovina se kontinuirano reinvestiraju u druge potrebne za život održive poduhvate, aktivnosti i oblasti, kao što su izgradnja privrednih objekata i infrastrukture, zdravstvo, obrazovanje, nauka, državna uprava, bezbjednost i dr. Razvoj mineralnih resursa treba da bude u potpunosti integrisan u lokalni i regionalni razvoj;

b) Dostignuto stanje optimalnog funkcionisanja Geološkog zavoda Republike Srpske. Geološka istraživanja se odvijaju kontinuirano uz dugoročno obezbjeđen priliv potrebnih finansijskih sredstava, i uz adekvatnu pomoć kompletiranog Geološkog informacionog sistema. Stepem geološke istraženosti Republike je dostigao relativno visok nivo, ali se novim geološkim istraživanjima i proučavanjima permanentno povećava [7];

v) Sistem davanja koncesija u mineralno-sirovinskom kompleksu (istraživanje, eksploatacija, primarna prerada, skladištenje i dr.) optimalno razrađen i praktično uhodan [9,14];

g) Permanentno se unapređuje održivost kroz odgovornu eksploataciju (rudarstvo) mineralnih sirovina, sa minimalnim ugrožavanjem životne sredine i jasnom vizijom buduće namjene objekata (površinski kopovi i dr.) poslije prestanka eksploatacije. Najveći dio rudarskih radova, prije svega napuštenih površinskih kopova od eksploatacije nemetala (građevinsko-tehnički kamen, gline) doveden u ekološki prihvatljivo stanje, odnosno rekultivisan ili priveden turističkoj, sportsko-rekreativnoj i dr. namjenama.

Da bi mineralno-sirovinski kompleks opstao i razvijao se u konkretnom okruženju, on mora imati jasno određenu svrhu postojanja ili svrhu egzistencije. Ta svrha postojanja se prvenstveno svodi na višefazni proces obezbjeđivanja i korišćenja mineralnih sirovina, u skladu sa realnim prirodnim, ekonomskim i ekološkim mogućnostima, u odnosu na koje postoje iskazane potrebe u široj ili užoj okolini.

Pored svrhe postojanja (prirodni i drugi potencijali, kapaciteti, poslovno određenje, korisnici, politika, programi i dr.), bitne su i pokretačke poluge (vrijednosti, opšta filozofijapleksa, kritički odnos prema postojećem stanju, motivi, imidž), standardi ponašanja, kooperativnost, prilagodivost, etika, moral, otvorenost, integritet) i strategija dejstva (alokacija resursa, područja poslovne djelatnosti, održavanje konkurentne sposobnosti).

3. Misija mineralne strategije upravo je u tome da se pokaže i dokaže značaj mineralnih resursa u održivom društveno-ekonomskom razvoju, jer one imaju jasno određenu funkciju u tom razvoju, ali i istovremeno da se kroz dugoročne aktivnosti ti mineralni resursi optimalno utvrde i koriste.

4. Okvirna strukturalna SWOT analiza - jer postavljanje strateških ciljeva zahtijeva da se u prethodnom postupku identifikuju raspoložive snage (S - strengths), slabost (W - weaknesses), šanse/mogućnosti (O - oportunities) i pretnje/opasnosti (T - threats).

Na ovakom pristupu se zasniva metoda strateške analize, poznata kao SWOT analiza, koja omogućava da se identifikuju šanse i opasnosti (prijetnje) iz okruženja, kao i snage i slabosti sistema i podsistema, odnosno mineralno-sirovinskog kompleksa, ali i da se pravilno usmjere i lociraju postojeći resursi. U isto vrijeme se identifikuju i sinergijski efekti za koje postoje realne mogućnosti da budu ostvareni ako se optimalno izkombinuju raspoložive snage i potencijali.

Za kvalitetnu SWOT analizu potrebno je prethodno izvršiti kompleksnu ocjenu svakog ležišta raspoloživih mineralnih resursa odgovarajućom dinamičkom metodom (NPV, IRR i sl.), a za ležišta u eksploataciji ili u pripremi za eksploataciju, neophodna je i studija izvodljivosti - Feasibility study (6). U Republici Srpskoj, kompleksna ekonomska ocjena je realizovana za Ljubijsku metalogenetsku oblast (13); problematika održivog razvoja u mineralnom kompleksu Republike razmatran je detaljno u ranijim radovima [5].

5. Pre preciziranja osnovnih i drugih strateških ciljeva u oblasti mineralnih resursa, odnosno mineralno-sirovinskog kompleksu, treba naglasiti da teorija i praksa otvaraju mogućnosti kreiranja različitih (alternativnih) strategija u zavisnosti od opštih društveno-ekonomskih opredjeljenja, karaktera privrednog sistema, spoljnog okruženja, dostignutog stepena društvenog i ekonomskog razvoja zemlje i drugih faktora. U skladu sa tim postoje sledeće strategije: strategija ekspanzije, strategije konsolidacije (varijanta sa mogućim manjim poboljšanjima), strategije rasta, strategije tržišta razvoja i dr.

U odnosu na naučno-istraživački rad, u najširem smislu, mogu se razlikovati ofanzivna istraživačko-razvojna strategija i defanzivna strategija.

Osnovni cilj u Mineralnoj strategiji je obezbjeđenje svih potrebnih preduslova za racionalno i efikasno upravljanje i održivo korišćenje raspoloživih geoloških potencijala Republike Srpske u odnosu na njihovu raspoloživost (utvrđene rezerve), uticaj na životnu sredinu i ukupan društveno-ekonomski razvoj. Međutim, pored ovog relativno uopštenog cilja, moguće je izdvojiti i više konkretnijih strateških ciljeva, posebno u odnosu na svaku pojedinačnu mineralnu sirovinu. [3]

Mineralna politika je parcijalna politika ekonomske politike šire društveno-političke zajednice; ova politika ima u osnovi niz svojih specifičnosti jer su, prije svega, mineralni resursi iscrpljiva, neobnovljiva, konačna i neravnomjerno u prostoru raspoređena prirodna dobra, koja zbog toga zahtijevaju poseban tretman, pa se i sam koncept održivog razvoja ispoljava na specifičan način.

Kao što su moguće i potrebne manje više permanentne promjene u ekonomskoj politici, naročito kada se javljaju određene teškoće u razvoju privrede i društva u cjelini, isto tako se mineralna politika mora stalno prilagođavati novim uslovima koje nameće uža sredina, ili znatno češće, spoljno okruženje (međunarodne promjene, problemi i procesi). Na ovim relacijama se može ustvari sagledati i razlika između mineralne strategije i mineralne politike.

Mineralna politika je mnogo elastičnija i može se, a i mora, u mnogim slučajevima prilagođavati promjenama, koje su stalno prisutne i u mineralno-sirovinskom kompleksu, kao i u drugim oblastima.

Međutim, određeni stavovi i opredjeljenja ne mogu se mijenjati bez dobre argumentacije i neophodne potrebe, ali i zbog procedure, koja se ne može izbjeći. Tipičan slučaj je set zakona i podzakonskih akata koji se odnose na mineralno-sirovinski kompleks. Ova regulativa se može mijenjati samo kada za to postoje stvarno opravdani razlozi i kada se istovremeno obezbijede i svi proceduralni preduslovi.

Potrebno je razlikovati opštu mineralnu politiku na nivou Republike Srpske u cjelini, i poslovnu politiku svakog organizovanog sistema u okviru mineralno-sirovinskog kompleksa.

Pod poslovnim politikom se podrazumijeva planska odluka kojom se preciziraju stavovi, načela, principi ili kriterijumi kojima se usmjeravaju odlučivanje i akcija u poslovanju preduzeća. Ova politika se definiše kao tri grupe relevantnih dinamičkih faktora: 1) konkretne mogućnosti sa kojima preduzeće raspolaže, odnosno limitirajući faktori; 2) ciljevi koje preduzeće želi ostvariti formulisanom politikom; i 3) instrumenti koji stoje na raspolaganju preduzeću, da pri datim uslovima realizuje postavljene ciljeve. [14]

### **Mineralna politika Republike Srpske bi trebala da bude usmjerena na slijedeće:**

1. Da se stvore uslovi da se raspoloživi mineralno-sirovinski resursi koriste efikasno, efektivno i racionalno, u skladu sa koncepcijom održivog razvoja, i da se na taj način pruži pun doprinos ekonomskom i društvenom razvoju Republike. Pri tome je potrebno pripremiti listu mineralnih sirovina prema prioritetu;

2. Da se u mineralno-sirovinskom kompleksu obezbijedi optimalno organizaciono prilagođavanje postojećih preduzeća aktuelnom i predpostavljenom budućem okruženju, posebno izazovima tranzicije, globalizacije, političkim i drugim rizicima, kroz prestrukturiranje, privatizaciju, revitalizaciju, reinženjering, redefinisavanje poslovne politike, sistema menadžmenta i dr., što treba, između ostalog, da obezbijedi konkurentne prednosti i kontinuiran razvoj i rast u cijelom kompleksu i pojedinim njegovim dijelovima;

3. Da se optimalno iskoriste objektivno realni postojeći raspoloživi potencijali (minerogenetske pretpostavke) za pronalaženje novih ležišta mineralno-sirovinskih resursa kroz kontinuirana, kompleksna, cjelishodna i dobro upravljana istraživanja, uz primjenu savremenih metoda, tehničkih sredstava i inoviranih koncepcija, imajući u vidu geološku, ekonomsku, ekološku, socijalnu i političku efektivnost. Za ova istraživanja potrebno je obezbijediti znatno veća sredstva od onih koja su do sada ulagana i to kako u okviru odgovarajućih preduzeća tako i u budžetu Republike, a davanjem koncesija za istraživanje i eksploataciju odgovarajućih mineralnih sirovina ili prostora gdje su one nekada dobijane, i ako je moguće obezbijediti dodatna sredstva. Da se sve aktivnosti i procesi u mineralno-sirovinskom kompleksu i njegovim pojedinačnim dijelovima (od istraživanja do prerade), odvijaju u skladu sa koncepcijom i principima održivog razvoja, posebno imajući u vidu zaštitu životne sredine od rudarskih i srodnih aktivnosti, ali i interese budućih generacija;

4. Da se pored preduzimanja odgovarajućih zakonskih i sl. mjera spriječi degradiranje životne sredine od strane rudarskih i povezanih sa njima aktivnostima obezbijede odgovarajuća sredstva (budžet, iznajmljivanje prostora rudarskih objekata za turističko-rekreacione sadržaje i sl.) za prevođenje u ekološki prihvatljivo stanje ranije narušenih (oštećenih) područja, prije svega starih površinskih kopova i podzemnih prostorija i sl. [2,3]

5. Da se obezbijedi puna saradnja između republičkih organa vlasti, rudarskih organizacija i zaposlenih u njima, nevladinih organizacija i stanovništva koje živi u oblastima gdje se istražuju, eksploatišu i prerađuju mineralni resursi, kako bi se zajednički rješavali svi ozbiljniji problemi i izbjegle nepotrebne konfrontacije i nesporazumi između svih zainteresovanih strana-učesnika ("stake-holders"-i), što bi moglo da šteti svima.

6. Da se sa različitim elektronskim i drugim medijima uspostavi takav kontinuirani kontakt i odnosi koji bi omogućili objektivno, istinito i ravovremeno informisanje najšire javnosti o svim aspektima djelatnosti i aktivnosti u mineralno-sirovinskom kompleksu, posebno onih koje su rizičnog karaktera ili gje je već došlo do akcidentnih situacija u vezi sa ugrožavanjem životne sredine.

Osim toga, u najširoj javnosti se mora stvarati i stvoriti realna slika o značaju mineralnih resursa i stalno argumentovano dokazivati da savremeno društvo ne može da egzistira bez njih i da se kroz dosledno primjenjivanje koncepta održivog razvoja može obezbijediti adekvatan razvoj proizvodnje i prerade mineralnih resursa bez ozbiljnijeg ugrožavanja životne sredine, odnosno ostvari skladan prihvatljiv odnos između prirodnih resursa, ekonomskih, ekoloških i socijalnih faktora;

7. Da se na naučno-stručnom planu, posebno kroz realizaciju zajedničkih međunarodnih bilateralnih i multilateralnih projekata, održava permanentna saradnja sa geološkim organizacijama susjednih država, ali i drugim državama Evrope i Svijeta, da se obrađuju teme/projekti koji su značajni za odgovarajuće zemlje, razmjenjuju iskustva i stručnjaci, pa se i na taj način direktno doprinosi razvoju efikasnog, efektivnog, racionalnog i održivog rudarstva i geoloških istraživanja.

**Održiva mineralna politika u Republici Srpskoj trebala bi da obuhvati sledeće ciljeve:**

1. Obezbeđivanje savremenog, transparentnog, kompleksnog i sveobuhvatnog zakonodavstva u oblasti istraživanja, eksploatacije i primarne prerade mineralnih resursa, ali i u sferi koncesionarstva, zaštite životne sredine i stranih ulaganja;
2. Precizno utvrđivanje stepena geološke istraženosti teritorije Republike Srpske, sa pregledom svih do sada obavljenih aktivnosti, dobijenih rezultata, i utrošenih sredstava. Posebno je potrebno evidentirati neriješena pitanja i probleme iz bliže prošlosti čije rješavanje nije došlo na red zbog nedostatka sredstava ili drugojačih prioriteta;
3. Stvaranje optimalne organizacione (institucionalne) strukture za upravljanje mineralno-sirovinskim resursima i geološkim istraživanjima u skladu sa koncepcijom održivog razvoja;
4. Razrada, osavremenjivanje i kompletiranje poreske politike u skladu sa standardima EU, kako bi se domaći i inostrani investitori privlačili i stimulisali da ulažu u mineralno-sirovinski kompleks i ostvaruju prihode u skladu sa rizicima i neizvjenostima sa kojima se suočavaju;
5. Kontinuirano obezbeđivanje visokostručnih i najkvalifikovanijih ljudskih resursa za sve podsisteme mineralno-sirovinskog kompleksa i to kako kroz plansko i sistematsko doškolovavanje postojećih nivoa radne snage, tako i kroz stipendiranje novih mladih kadrova i upućivanje perspektivnih kadrova na specijalizacije, magistarske i doktorske studije;
6. Razrada kompletne politike, praćena odgovarajućim konkretnim mjerama u oblasti istraživanja i eksploatacije malih ležišta u skladu sa svjetskim opredjeljenjima i iskustvima;
7. Stimulisanje cjelishodnog i sa praksom usko povezanog naučno istraživačkog rada u mineralno-sirovinskom kompleksu u okviru svih njegovih podsistema, sa ciljem da se što efektivnije, efikasnije, racionalnije i kompleksnije koristi raspoloživa mineralno-sirovinska baza, uz stvaranje uslova da se realno postojeći potencijali transformišu u konkretne proizvodne faktore.

## ZAKLJUČCI:

1. Mineralno-sirovinski kompleks (mineralni sektor) svake države, u cilju svog opstanka i razvoja u konkretnom okruženju, mora imati jasno određenu svrhu egzistencije. Ta svrha postojanja se prvenstveno svodi na višefazni proces obezbjeđivanja i korišćenja mineralnih resursa, u skladu sa realnim prirodnim, ekonomskim i ekološkim mogućnostima, u odnosu na koje postoje iskazane potrebe u široj ili užoj okolini. Pored svrhe postojanja (prirodni i ljudski potencijali, kapaciteti, poslovno određenje, potrebe, korisnici, politika, programi i dr.), bitne su i pokretačke poluge (vrijednosti, opšta filozofija mineralnog sektora, kritički odnos prema postojećem stanju, motivi, imidž itd.), standardi ponašanja (kooperativnost, prilagodivost, etika, moral, otvorenost, integritet) i strategija djelovanja (alokacija resursa, područja poslovne djelatnosti, održavanje konkurentne sposobnosti).

2. Mineralna strategija je zvaničan državni dokument, koji ima svoju viziju, odnosno dalekosežan pogled na raspoložive i potencijalne resurse, mogućnosti njihovog održivog korišćenja i reagovanja na nov način na osnovne, najznačajnije probleme koji se pojavljuju u mineralno-sirovinskom kompleksu i njegovom užem i širem okruženju. Strategija je u suštini globalni zadatak ili poduhvat, sastavljen od niza mnogobrojnih povezanih i međusobno uslovljenih (zavisnih) zadataka i akcija. Svaka opšta privredna (ekonomska strategija), ali i granska, mora imati svoju viziju, misiju, razvojne prioritete i strateške ciljeve.

3. Osnovni postulat održive mineralne strategije je da se mineralni resursi moraju istraživati, eksploatirati (pridobijati) i koristiti u skladu sa koncepcijom i principima održivog razvoja, što treba da dovede do održive mineralne ekonomije i održivog rudarstva, odnosno održive eksploatacije pripreme, prerade, supstitucije i reciklaže. Osim toga, mineralna strategija mora da uvažava specifičnosti mineralnih resursa države za koju se utvrđuje, kao i opšte specifičnosti mineralnih sirovina, izražene kroz njihovu iscrpljivost, neobnovljivost, konačnost, neponovljivost i neravnomjernost razmještaja, ali isti tako i njihov veliki ekonomski i društveni značaj.

4. Mineralna politika predstavlja niz aktivnosti, mjera i metoda kojim u cilju ostvarivanja strateških ciljeva u mineralno-sirovinskom kompleksu i mineralnoj ekonomiji, sprovodi država, njeni organi i drugi delegirani subjekti. Ona treba da obezbijedi potrebne pretpostavke i istovremeno regulisanje ekonomskog života u mineralnom sektoru, kroz skladan odnos ekonomskih, ekoloških i društvenih faktora, a to podrazumijeva i usklađenost sa principima i konceptom održivog razvoja.

5. Raspoloživa i potencijalna mineralno-sirovinska baza, dostignuti nivo proizvodnje više mineralnih sirovina, broj zaposlenih u mineralnom sektoru, uvozno-izvozne relacije u odnosu na jedan broj mineralnih sirovina, vrijednost osnovnih sredstava i ukupnog kapitala u cjelokupnom mineralno-sirovinskom kompleksu, nedvosmisleno ukazuje da Republika Srpska ima relativno razvijenu mineralnu ekonomiju, posebno u energetskom sektoru i proizvodnji ruda željeza, olova i cinka, aluminijuma (boksita) i više nemetala, uključujući i mineralne sirovine za građevinske materijale. Sa ciljem da se raspoloživi mineralni resursi još efikasnije, efektivnije i racionalnije iskorišćavaju, odnosno postojeća mineralna ekonomija dovede na viši nivo razvoja, neophodno je koncipirati, usvojiti i dosledno realizovati optimalnu mineralnu strategiju, sa jasnom vizijom i misijom i razraditi i primijeniti konkretnu mineralnu politiku.



## LITERATURA:

[1] Agenda 21, Rio de Janeiro, 1992.

Web:<http://www.unap.org/unepnat/legislative/ag21ch.40.thm>.

[2] B.Milenović, 1996: Ekološka ekonomija. Ekonomski razvoj životne sredine. Fak.zaštite za

rad i Inst. za unapređenje kvaliteta radne i životne sredine, Niš, 283 s.

[3] B. Mašić, 2001: Strategija menadžment - Univerzitet "Braća Karić", treće dopunjeno izdanje, BK Institut, Beograd, 508 s.

[4] D. Milovanović, 1995: "Mineralno-sirovinska politika - osnovne karakteristike i značaj za razvoj mineralne ekonomije zemlje". - Tehnika, Rud.geol. i metal., 46,2, s. 1-

[5] D.Milovanović, 2003: "Mineralni resursi Republike Srpske i koncept održivog razvoja (seksijsko predavanje)". - Glasnik hemičara i tehnologa Republike Srpske, 44, 1-111,s.99-111, Banja Luka.

[6] **Cvijić R.**, Milovanović D. (2003), NEMETALIČNE MINERALNE SIROVINE U 21. VIJEKU I POTENCIJALI REPUBLIKE SRPSKE, Zbornik radova, Sedmo savjetovanje hemičara i tehnologa republike Srpske, Banja Luka, strana 138 (ukupno 15 strana).

[7] **Cvijić R.**, Milovanović D. (2003), UPRAVLJANJE MINERALNIM RESURSIMA REPUBLIKE SRPSKE, ODRŽIVI RAZVOJ I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE, Zbornik radova, Sedmo savjetovanje hemičara i tehnologa Republike Srpske, Banja Luka, strana 139 (ukupno 15 strana).

[8] Milovanović D., **Cvijić R.** [2005], NON-METALIC RESOURCES AS RESPECTABLE ECONOMIC POTENTIALS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, Tehnika br. 2 - Rudarstvo, geologija i metalurgija, Beograd, strana 1-12.

[9] **Cvijić R.** [2004], SISTEM KONCESIJA U MINERALNO-SIROVINSKOM KOMPLEKSU REPUBLIKE SRPSKE, Zbornik radova, Savjetovanje Saveza inženjera i tehničara rudarske, geološke i metalurške struke Republike Srpske, "Savremena dostignuća u istraživanju, eksploataciji i korišćenju mineralnih sirovina u Republici Srpskoj", Gacko, strana 4-19.

[10] **Cvijić R.** [2004], POLITIKA I STRATEGIJA U MINERALNO-SIROVINSKOM KOMPLEKSU REPUBLIKE SRPSKE, Zbornik radova, Savjetovanje Saveza inženjera i tehničara rudarske, geološke i metalurške struke Republike Srpske, "Savremena dostignuća u istraživanju, eksploataciji i korišćenju mineralnih sirovina u Republici Srpskoj", Gacko, strana 30-45.

[11] **Cvijić R.**, Milovanović D. [2004], NEMETALIČNE MINERALNE SIROVINE KAO RESPEKTIVNI POTENCIJALI REPUBLIKE SRPSKE, Zbornik radova, Savjetovanje Saveza inženjera i tehničara rudarske, geološke i metalurške struke Republike Srpske, "Savremena dostignuća u istraživanju, eksploataciji i korišćenju mineralnih sirovina u Republici Srpskoj", Gacko, strana 146-159.

[12] Cvijić R., Babić V. (2005) , ENERGETSKE MINERALNE SIROVINE REPUBLIKE SRPSKE, "ENERGETIČAR" Časopis saveza energetičara Republike Srpske, Godina 5. broj 2-3/2005, Banja Luka, strana 11-21.

[13] Grubić A., Cvijić R., Milošević A. (2006), RUDE GVOŽĐA U LJUBIJSKOM REGIONU, ZBORNİK RADOVA, II SAVJETOVANJE GEOLOGA BIH SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM, Teslić, strana 32-35.

[14] Cvijić R., Kamberović E. (2006), KONCESIJE U FUNKCIJI REPRODUKCIJE MINERALNO SIROVINSKE BAZE, PLENARNI REFERAT, ZBORNİK RADOVA, II SAVJETOVANJE GEOLOGA BIH SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM, Teslić, strana 16.

[15] Grubić A., Milovanović D., Cvijić R. (2007) , MINERALNI RESURSI REPUBLIKE SRPSKE I ODRŽIVI RAZVOJ, ZBORNİK RADOVA, AKADEMIJA NAUKA I UMJETNOSTI REPUBLIKE SRPSKE, NAUČNI SKUP, POVODOM 15 GODINA POSTOJANJA I RAZVOJA REPUBLIKE SRPSKE, BANJA LUKA, str. 8.;

[16] Cvijić R., Milovanović D., Grubić A., (2007), GEOLOŠKO-EKONOMSKE KARAKTERISTIKE MINERALNIH RESURSA REPUBLIKE SRPSKE, ZBORNİK RADOVA SA NAUČNOG SKUPA AKADEMIJE NAUKA I UMJETNOSTI REPUBLIKE SRPSKE, Banja Luka, str. 309-334.;

[17] Milovanović D., Cvijić R., (2007), OSNOVNI KONCEPT ODRŽIVE MINERALNE STRATEGIJE I POLITIKE REPUBLIKE SRPSKE, ZBORNİK RADOVA SA NAUČNOG SKUPA AKADEMIJE NAUKA I UMJETNOSTI REPUBLIKE SRPSKE, Banja Luka, str. 335-354.;

[18] Milovanović D., Cvijić R., (2007), SVJETSKA MINERALNA EKONOMIKA I ODRŽIVI RAZVOJ, ZBORNİK RADOVA SA NAUČNOG SKUPA SAVEZA INŽENJERA I TEHNIČARA RUDARSKE, GEOLOŠKE I METALURŠKE STRUKE REPUBLIKE SRPSKE NA TEMU "NOVE TEHNOLOGIJE I DOSTIGNUĆA U RUDARSTVU I GEOLOGIJI", Trebinje, str. 253-270;

## NALAZAK MORSKIH FOSILA U SONOJ FORMACIJI LEŽIŠTA KAMENE SOLI TETIMA KOD TUZLE

Sejfudin Vrabac\*, Zijad Ferhatbegović\*\*, Izudin Đulović\*\*\*, Džavid Bijedić\*\*\*\*

### REZIME

U sedimentima sone formacije ležišta kamene soli Tetima kod Tuzle pronađeni su morski fosili predstavljeni mikroforaminiferama. Na osnovu ovih fosila proizilazi da je sona formacija Tetime nastala tokom donjeg badena u okviru zaliva Centralnog Paratetisa.

**Ključne riječi:** mikroforaminifere, donji baden, sona formacija, Tetima, Tuzlanski bazen

### SUMMARY

In the salt formation of the salt deposit Tetima near Tuzla are found the marine fossils which belong to microforaminifera. According to that fossils the salt formation of Tetima was deposited during the Lower Badenian in gulf of the Central Paratethys.

**Key words:** microforaminifera, Lower Badenian, salt formation, Tetima, Tuzla basin

---

---

\* Dr.sc. Sejfudin Vrabac, red. prof., RGGF, Univerzitet u Tuzli, e-mail: [jvrabac@yahoo.com](mailto:jvrabac@yahoo.com)

\*\* Dr.sc. Zijad Ferhatbegović, docent, RGGF, Univerzitet u Tuzli, e-mail: [fzijad@yahoo.com](mailto:fzijad@yahoo.com)

\*\*\* Dr.sc. Izudin Đulović, viši asistent, RGGF, Univerzitet u Tuzli, e-mail: [djizudin@yahoo.com](mailto:djizudin@yahoo.com)

\*\*\*\* Džavid Bijedić, dipl.inž.geol., Rudnik soli Tušanj, tel. 035 321-467

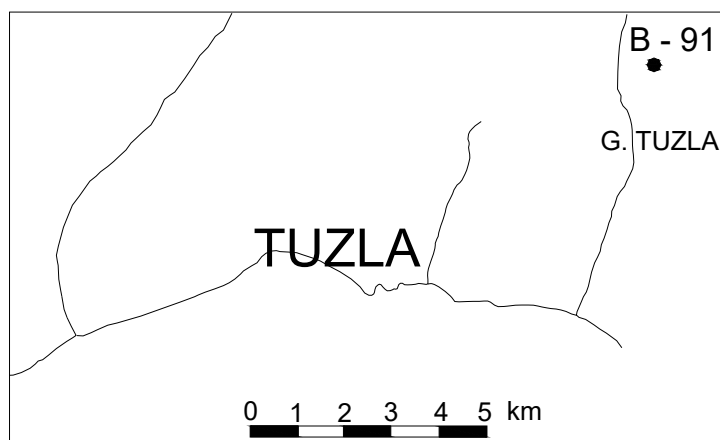
## UVOD

Na osnovu detaljnih geoloških istraživanja sone formacije ležišta Tetima kod Tuzle, realizovanih u periodu 1971-1983 god., **O. Jovanović & Č. Jovanović** (1984, str. 74) konstatovali su sljedeće: „Brojnim mikropaleontološkim ispitivanjima, kao i proučavanjima preparata u okviru sedimentoloških ispitivanja nisu utvrđeni nikakvi mikropaleontološki ostaci pa čak ni planktonski oblici kao što su globigerine i orbuline. U okviru prelazne grupe sedimenata nađene su slatkovodne forme gastropoda i fauna ostrakoda. Navedene činjenice ukazuju da sedimenti trakaste serije ne predstavljaju produkt lagunske hemijske sedimentacije“.

Saglasno tome **Č. Jovanović** (1980) i **S. Čičić & Č. Jovanović** (1987) smatraju da sona formacija predstavlja produkt sedimentacije u slanom jezeru tokom gornjeg burdigalhelveta odnosno donjeg miocena. Međutim, većina istraživača je zastupala mišljenje da je sona formacija nastala u navedeno vrijeme ali u zalivu Paratetisa (**I. Soklić**, 1959/1961; **P. Stevanović & M. Eremija**, 1960; **V. Kranjec**, 1965; **I. Soklić, M. Atanacković, L. Jerković & M. Petrović**, 1980 ).

Nalaskom mikroforaminifera u sonoj formaciji na izdancima kod Gradine u Tuzli **S.Vrabac** (1991) je riješio dilemu o genezi sone formacije, odnosno dokazao je njeno morsko porijeklo.

Tokom 2008 god. na ležištu kamene soli Tetima rađena je istražno-eksploataciona bušotina B-91. Koordinate te bušotine su:  $y = 6.561.187$ ,  $x = 4.937.629$  i  $z = 481$  m (sl. 1).



**Slika 1.** Geografski položaj istražno-eksploatacione bušotine B-91 na ležištu kamene soli Tetima kod Tuzle

U podini soli (interval 506-515 m) nabušeni su laminirani do tankoslojeviti („trakasti“) dolomikriti iz kojih su uzeta 4 uzorka za mikropaleontološka istraživanja foraminifera i vapnenog nanoplanktona. U navedenim uzorcima nađene su mikroforaminifere ali vapneni nanoplankton nije utvrđen (analize vapnenog nanoplanktona uradio je **S. Ćorić**).

Novi rezultati mikropaleontoloških istraživanja terena Hrvatske (**S. Ćorić et al.**, 2008) i Tuzlanskog bazena (**S.Vrabac & S. Ćorić**, 2008) svjedoče da početak transgresije Paratetisa na prostor sjeverne Bosne nije vezan za donji miocen (karpat) nego za srednji miocen odnosno donji baden, kada je u okviru zaliva na prostoru Tuzlanskog bazena taložena sona formacija. Rezultati navedenih mikropaleontoloških istraživanja omogućit će korekcije geoloških i paleogeografskih karata sjeverne Bosne i Hrvatske.

## MIKROPALEONTOLOŠKI UZORCI IZ BUŠOTINE B-91 I NJIHOVA DETERMINACIJA

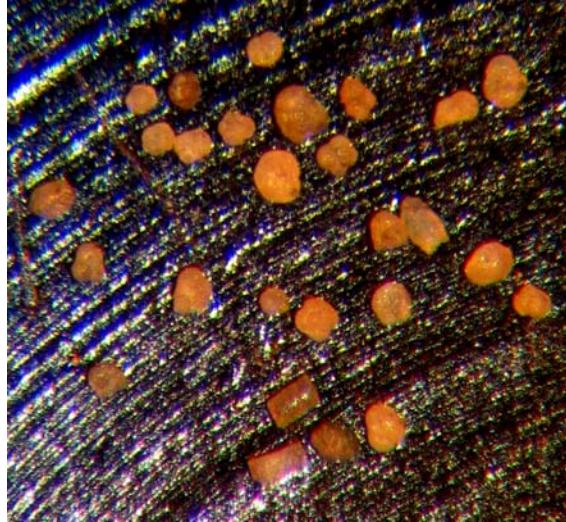
U intervalu 506-515 m u neposrednoj podini soli na ležištu Tetima nabušeni su laminirani i tankoslojeviti („trakasti“) dolomikriti u kojima se smjenjuju svijetli i tamni slojevi (sl. 2). Iz tamnih, nešto debljih slojeva, uzeta su četiri uzorka koja su fino isitnjena do granulacije oko 0,5 cm<sup>3</sup> i potopljena u rastvor vode i 9 % hidrogena. Nakon četiri dana uzorci su isprani na sitima. Iz nadsitne frakcije 0,8 mm uzeti su uzorci za ispitivanje vapnenog nanoplanktona, a iz nadsitne frakcije 0,1 mm uzeti su uzorci za ispitivanje mikroforaminifera. U sva četiri uzorka nađene su mikroforaminifere. Prema usmenoj informaciji S. Čorića ispitivani uzorci nisu sadržavali vapneni nanoplankton.



**Slika 2.** Laminirani i tankoslojeviti dolomikriti neposredne podine kamene soli u profilu bušotine B-91 u kojima su nađene mikroforaminifere

**Uzorak 1.** (506,0 m) sadrži 20 planktonskih i 6 bentoskih formi foraminifera (sl. 3). Foraminifere su dosta sitne i piritizirane. Rijetki su fragmenti bodlji ehinida kao i zrna kvarca i liskice muskovita. Određene su sljedeće foraminifere:

- Globigerina praebulloides BLOW
- Globigerina bulloides d'ORBIGNY
- Globigerina sp.
- Bolivina cf. dilatata dilatata REUSS
- Cibicidoides sp.



**Slika 3.** Asocijacija foraminifera u uzorku br. 1 (506,0 m, B-91, Tetima)

**Uzorak 2.** (508,5 m) sadrži 22 planktonske i 10 bentoskih formi foraminifera koje su dosta sitne (sl. 4). Određene su sljedeće vrste:

*Globigerina praebulloides* BLOW

*Globigerina bulloides* d'ORBIGNY

*Globigerina* sp.

*Nonion commune* (d'ORBIGNY)

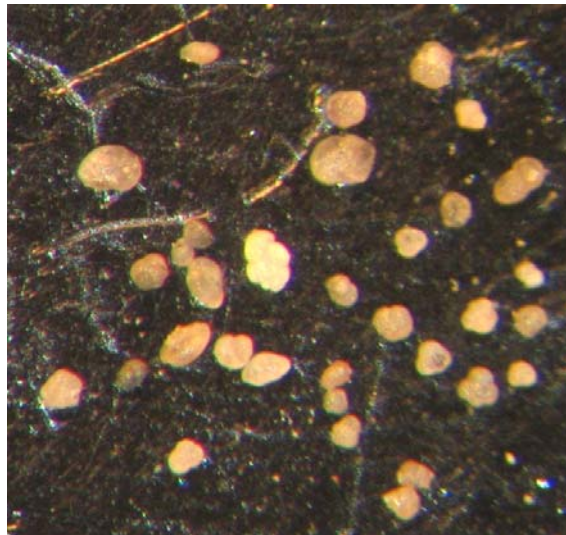
*Uvigerina* sp.

*Cibicidoides* sp.

*Quinqueloculina* sp.

*Bolivina* sp

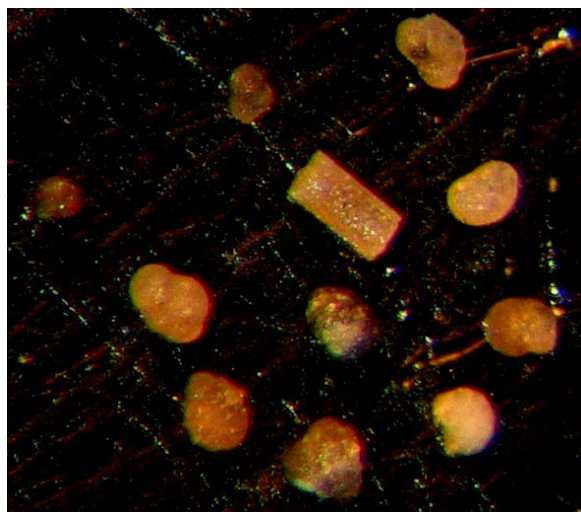
*Anomalinoidea* cf. *badenensis* (d'ORBIGNY)



**Slika 4.** Asocijacija foraminifera u uzorku br. 2 (508,5 m, B-91, Tetima)

**Uzorak 3.** (511,0 m) karakteriše se izuzetno rijetkim i sitnim foraminiferama. Određeno je 6 planktonskih i 4 bentoske forme (sl. 5). Prisutan je jedan fragment bodlje ehinida kao i zrna i skrame pirita. Foraminifere su predstavljene sljedećim vrstama:

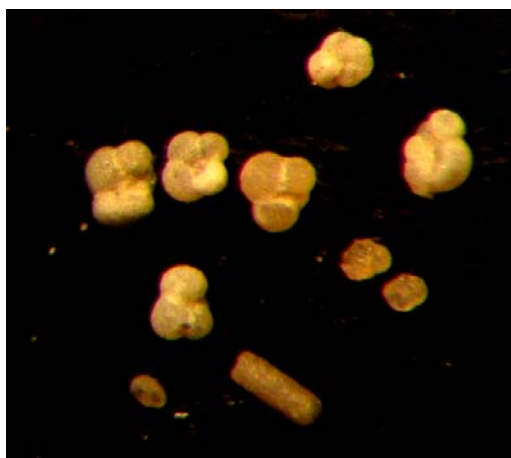
*Globigerina cf. praebulloides* BLOW  
*Cibicidoides cf. ungerianus ungerianus* (d'ORBIGNY)  
*Nonion commune* (d'ORBIGNY)



**Slika 5.** Asocijacija foraminifera u uzorku 3 (511,0 m, B-91, Tetima)

**Uzorak 4.** (515,0 m) sadrži rijetke i nešto krupnije planktonske foraminifere. Određeno je 6 planktonskih i 3 bentoske forme (sl. 6). Rijetki su fragmenti bodlji ehinida. Određene su sljedeće foraminifere:

*Globigerina praebulloides* BLOW  
*Globigerina bulloides* d'ORBIGNY  
*Globigerina* sp.  
*Anomalinoidea cf. badenensis* (d'ORBIGNY)  
*Bolivina cf. dilatata dilatata* REUSS



**Slika 6.** Asocijacija foraminifera u uzorku 4 (515,0 m, B-91, Tetima)

## BIOSTRATIGRAFSKE ZONE U PROFILU BUŠOTINE B-91

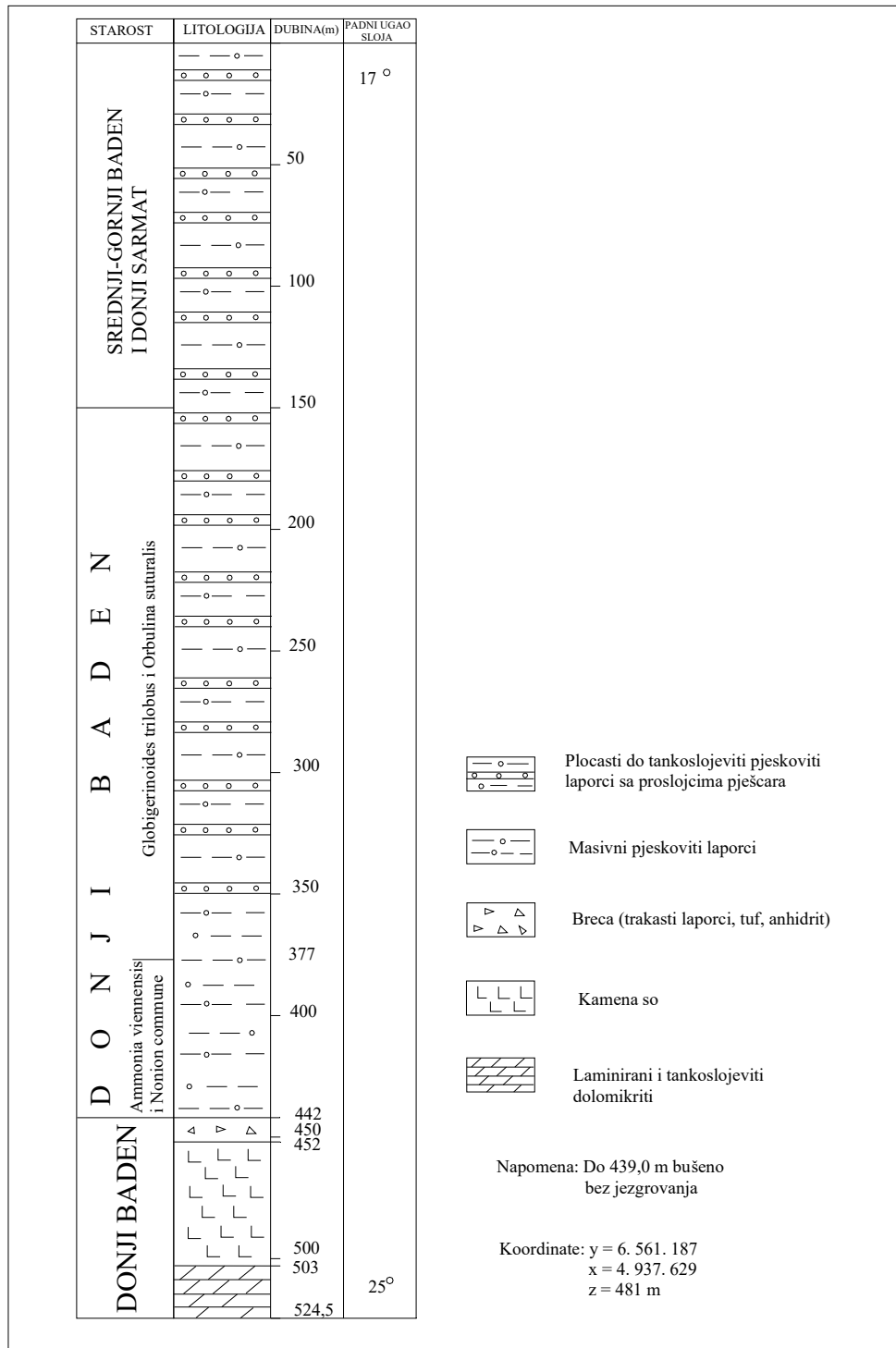
Analizom 11 uzoraka u intervalu 107,6 do 439,0 m krovina sone formacije raščlanjena je na sedimente donjeg, srednjeg i gornjeg badena. U neposrednoj krovini sone formacije (interval 442-377 m) izdvojena je donjobadenska zona *Ammonia viennensis* i *Nonion commune*. Iznad ove zone u intervalu 378-153 m nalazi se zona donjeg badena *Globigerinoides trilobus* i *Orbulina suturalis*. Na dubini 144,2 m određena je srednjobadenska zona *Pappina parkeri*, a na 107,6 m utvrđena je gornjobadenska zona *Bolivina dilatata maxima* (sl. 7).

Na osnovu stratigrafske pripadnosti sedimenata u neposrednoj krovini sone formacije kao i asocijacije foraminifera iz dolomikrita sone formacije proizilazi da sone formacija pripada starijem dijelu donjeg badena odnosno srednjem miocenu.

## ZAKLJUČAK

Nakon dugogodišnjih istraživanja Dokanjske sinklinale u sonoj formaciji Tetime kod Tuzle pronađeni su morski fosili koji predstavljaju pouzdanu osnovu za definisanje geneze i vremena nastanka kamene soli u ovom dijelu Tuzlanskog bazena. Mikropaleontološki nalazi foraminifera ukazuju da je sone formacija Tetime nastala u zalivu Centralnog Paratetisa tokom donjeg badena.





Slika 7. Profil istražno-eksploatacione bušotine B-91 na ležištu kamene soli Tetima kod Tuzle

## LITERATURA

- Čičić S. & Jovanović Č., 1987: Prilog poznavanju geološke građe, geneze, evolucije i tektonike Tuzlanskog basena sa širim osvrtom na prilike u slivu Jale i Soline. Geol. glasnik, 30, 113-155, Sarajevo.
- Ćorić S., Pavelić D., Mandić O., Vrabac S., Rögl F. & Vranjković A., 2008: The initial marine flooding of southern Pannonian Basin System: the North Croatian Basin transgression correlates with the Middle Miocene. Session SSP 16 „Paratethys-Med.-Indop. Climatic, biotic and sedim. evolut.“, EGU. Abstracts, Vienna.
- Jovanović Č., 1980: Geneza pretortonskih miocenskih sedimenata na prostoru između Drine i Une. Geol. glasnik, 15, 1-159, Sarajevo.
- Jovanović O. & Jovanović Č., 1984: Rezultati istraživanja kamene soli na području Tuzlansko-loparskog basena u periodu od 1971-1983 godine. FSD Zavoda za geologiju Ilidža, 1-91, Sarajevo.
- Kranjec V., 1965: Geološka građa šireg tuzlanskog područja (doktorska disertacija). FSD RGNF-a, 1-288, Zagreb.
- Soklić I., 1959/61: Paleogeografija tuzlanskog miocena i postanak solnog ležišta. III kongres geologa Jug., Budva-Titograd.
- Soklić I., Atanacković M., Jerković L. & Petrović M., 1980: Biostratigrafski aspekti za utvrđivanje geneze i starosti tuzlanskog sonog ležišta. Simpoz. iz reg. geol. i paleontol., 307-316, Beograd.
- Stevanović P. & Eremija M., 1960: Miocen Donje Tuzle. Geol. anali Balk. pol., 27, 45-102, Beograd.
- Vrabac S., 1991: O nalasku morskih fosila u sonoj formaciji Tuzlanskog basena sa osvrtom na starost i genezu ležišta kamene soli. Geol. anali Balk. pol., 55, 189-196, Beograd.
- Vrabac S. & Ćorić S., 2008: Revizija „karpata“ Tuzlanskog bazena sa osvrtom na stratigrafski položaj sone formacije. Geološki glasnik (u štampi), Sarajevo.

# **Litostratigrafski sastav ležišta Bukova glava i Vranović, tvornice cementa, Našicecement d.d.**

## **Litostratigraphic system of Bukova glava and Vranovic, cement factory beds, Nasicecement d.d.**

**Željko BORTEK**

Nexe grupa d.d. Braće Radića 200, 31500 Našice, Hrvatska

**Ključne riječi:** Litostratigrafija, vapnenac, lapor, glina, pijesak, Našicecement d.d., Našice, Hrvatska.

**Key Words:** Litostratigraphic, limestone-marl, clay-quartz, Nasicecement d.d., Nasice, Croatia.

**SAŽETAK:** Prigorska krndijska ležišta sirovina za cementnu industriju uvjetovana su pojavom klasičnih i vapnenačkih naslaga srednjeg miocena i glinovitim pijeskom pleistocena koji se u obliku vijenca naslanja na osnovno paleozojsko gorije Krndije. U ovom izlaganju ukratko će se prikazati geološka građa sjeveroistočnog pobočja Krndije, podaci o geološkom istraživanju površinskih kopova Bukova glava i Vranović i osvrt na akumulacijske potencijale mineralnih sirovina kao osnovice za stalno korištenje raspoloživih resursa u proizvodnji klinkera i cementa.

**ABSTRACT:** Raw material beds from the foothill region of the Krndija mountain are stipulated by appearance of classic and limestone beds, which date from the middle Miocene, and clayish sand which dates from the Pleistocene, and leans like a wreath against the basic Paleozoic Krndija mountain. During this exposition we will briefly present the geological structure of the north-eastern side of the Krndija mountain; some facts about researches of strip-mining of Bukova glava and Vranovic, and retrospection on some accumulative raw material potentials as a base for active use of disposable resources in producing clinker and cement.

### **OPĆI GEOLOŠKI UVJETI**

Područje koje u geološkom smislu uvjetuje pojavljivanja sirovina za cementnu industriju nalazi se na krajnjim sjeveroistočnim padinama Krndije, mjestu Zoljan, 7 km od Našica. Izrađuju ga različite stijene neogenske starosti.

Ove stijene pripadaju kompleksu HGK, list resursne geološke karte M 1:100.000, Našice.

### **Baden, M<sub>2</sub><sup>2</sup>**

Naslage badena predstavljene su konglomeratima, vapnencima, pješčenjacima i laporima. Nalazimo ih razvijene južno i jugozapadno od tvornice, gdje se proteže kao kontinuirani pojas. Transgresivno i diskordantno leže preko metamorfnog kompleksa.

Konglomerati, a ponekad i brečokonglomerati predstavljaju polimikritne taložine najbolje razvijene u bazalnom dijelu badena. Dominiraju i često dobro zaobljene valutice škriljavih varijeteta metamorfnog niza povezane nerijetko bogatim kalcitnim vezivom ili usitnjenim biogenim detritusom.

Osim često dobro razvijene primarne poroznosti u njima se susreće i sekundarna poroznost nastala disolucijskim procesima tj. otapanjem karbonatnog veziva.

Ona je naročito dobro razvijena na samom kontaktu bazalnog dijela i grusificirane često razlomljene metamorfne podloge.

Vapnenci, koji imaju značajan udio u badenskim sedimentima, predstavljeni su najčešće fosiliferim bioklastičnim vapnencima u izmjeni sa vapnovitim pješčenjacima. Sekundarna i primarna poroznost je također razvijena procesima otapanja uz brojne pukotine, dok je dominantna primarna poroznost u vapnovitim pješčenjacima. Na prelaznu u sarmat prevladavaju dobro uslojeni pjeskoviti i vapnoviti lapori.

Naslage badena u ovom području predstavljaju u hidrogeološkom smislu značajan vodonosnik iz kojega vode istječu prirodnim putem na više izvora ili su zahvaćeni zdencima. Debljina prema geološkom zemljovidu list Našice iznosi 200 - 300 m, ali u rubnom području je znatno manja.

### **Sarmat, M<sub>3</sub><sup>1</sup>**

Naslage sarmata u razmatranom području zastupljene su laporima i laporovitim vapnencima površinskog kopa Bukova glava i zapadni dio Vranovića. Nalaze se redovito uz naslage badena, na kojima slijede kontinuirano.

Lapori i laporoviti vapnenci su redovito dobro uslojeni. Debljina im se kreće između 20 - 40 m. Treba istaknuti da u hidrogeološkom smislu predstavljaju nepropusnu krovinu badenskom vodonosniku.

### **Donji panon, 1M<sub>3</sub><sup>2</sup>**

Konkordantno na sarmatskim naslagama slijedi laporoviti vapnenac i pjeskoviti lapor. Imaju veliko rasprostranjene, a prate sarmatske naslage. Veoma su dobro uslojene. Debljina im na površini doseže do 150 m. U hidrogeološkom smislu su vodonepropusne.

### **Gornji panon 2M<sub>3</sub><sup>2</sup>**

Gornjopanonske naslage predstavljene su svijetlim skoro bijelim laporima, Vranović, a kontinuirano leže na donjem panonu.

Široko su rasprostranjene u sjevernom i istočnom dijelu područja. Redovito su dobro uslojene, a u hidrogeološkom pogledu su nepropusne. Debljina im se procjenjuje na 100 - 150 m.

### **Pliocen, Pl<sub>2,3</sub>**

Predstavljen je pijescima, glinama, Vranović, Zoljan - Grbavica. Dobro su uslojeni. Leže transgresivno i diskordantno preko starijih naslaga.

### **Kvartar, Q<sub>a1</sub>**

U koritima vodotoka razvijen je njihov nanos. Sastoji se od leća pijeska i šljunka koji su uloženi u pjeskovito glinoviti silt. Debljina ovih taložina ne prelazi nekoliko metara.

## LITOSTRATIGRAFSKI SASTAV LEŽIŠTA BUKOVA GLAVA

Na površinskom kopu i ležištu Bukova glava, zastupljeni su sedimenti badenske i sarmatske starosti. Razdvajanje sedimenta na osnovi starosti nije pouzdano određeno, tako da su granice određene na osnovi litološkog sastava. ?

Stijenske mase se odlikuju velikom raznovršnošću i promjenjivošću u pogledu kemijskog i litološkog sastava tako da su izdvojeni sljedeći litostratigrafski kompleksi:

- laporovite gline i lapori,
- laporovite gline i lapori u poslojavanju sa vapnencima,
- vapnenci (kalkruditi, kalkareniti i litotamnijski).

Laporovite gline i lapori su promjenjive debljine od 5 m do 10 m. Unutar ovih kompleksa dominiraju laporovite gline koje su srednje do visoko plastične. Po pravilu su degradirane i mekane (hidroskopne). Boje su žute i žuto mrke. Na jezgri istražnih bušotina kao i na otvorenim profilima konstatirani su mehanički diskontinuiteti sa tragovima tektonskog kretanja. Ovi lapori su uglavnom masivne teksture rjeđe tanko slojeviti.

Laporovite gline, lapori u proslojavanju sa vapnencima, su promjenjive debljine maksimalno do 28 m. U ovoj sredini kontakti laporovitih glina i vapnenca predstavljaju mehaničke diskontinuitete često i sa tragovima smicanja.

Vapnenci u pogledu litološke zastupljenosti u ležištu su naj dominantniji. Uglavnom su to kalkruditi, kalkareniti i litotamnijski vapnenci. Maksimalne debljine su 50-60 m. U sjeveroistočnom dijelu kopa debljina im je 45 m. U središnjem dijelu kopa 20 m do 30 m, a na zapadnom dijelu do 19 m.

Najzastupljeniji su litotamnijski vapnenci koji se nalazi u dubljim dijelovima ležišta. Rjeđe su zastupljeni u vidu manjih proslojaka i leća kalkruditi, vapnenci koji prate razlome strukture, jer imaju izraziti diskordantan položaj. Vapnenci su masivne teksture rjeđe slojevite.

Generalni pad slojeva prema jugu (azimut pada 200 do 230°, a padni kut do 25°). Vapnenci su ispucali, često pukotine ispunjene kristaliziranim kalcitom i limonitom uslijed kretanja površinskih i podzemnih voda. Česte su pukotine ravnih i glatkih zidova sa tragovima smicanja. Uglavnom su to čvrste i kompaktne stijene.

## TEKTONSKI SKLOP

Tektonski sklop ležišta je složen. Osnovna je karakteristika postojanje longitudinalnih i transverzalnih rasjeda, s obzirom na njihov položaj prema glavnom rasjedu u dolini Crnog Potoka. Duž tih rasjeda dolazilo je do gravitacijskog spuštanja blokova gdje su skokovi bili u granicama od 5 m do 30 m.



Slika 1. Površinski kop Bukova glava, Našice, Republika Hrvatska

## LITOSTRATIGRAFSKI SASTAV LEŽIŠTA VRANOVIĆ

Na površinskom kopu i ležištu Vranović, izdvojeni su glinovito-pijeskoviti sedimenti u krovini ležišta i sedimenti laporovitih vapnenaca. Geološka granica je diskordantni kontakt laporovitog vapnenca sa glinovitim pijeskom i pijeskom.

Pliocenske naslage, su zastupljene u sjevernom i zapadnom dijelu lokaliteta. Uglavnom su izgrađene od glinovitog pijeska, siltoznog tinjčastog pijeska kao i niza petroloških varijanti između ovih stijenskih masa. Pliocenske naslage sastoje se od:

- slabo zaglinjeni pijesci,
- pjeskovite gline.

Slabo zaglinjeni pijesci su sitnozrni, tinjčasti, siltozni crvenkastožute boje croatica pijesak, gdje se ponegdje zapaža slaba stratifikacija. Promjenljive su debljine, najveće u istočnom dijelu ležišta debljine od 6 m do 16 m. U srednjem dijelu ležišta pijesci se javljaju u vidu leća i manjih proslojaka, a na krajnjem zapadu pijesci izostaju. Unutar ovog pijeska su proslojci slabo vezanog pješčara i pjeskovitih lapora.

Pjeskovite gline najčešće se javljaju u vidu leća ili proslojaka. Heterogenog su sastava. U ovisnosti od sadržaja silicija prisutan je niz petroloških varijanti među kojima svakako dominiraju glinoviti pijesci.

Boje su promjenljive, u površinskom dijelu ležišta žuto mrke (uslijed procesa kemijskih izmjena), a u dubljim dijelovima smeđe boje. Debljina sloja je promjenljiva od par milimetara do 27 m.

Zbog uvjeta priobalne sedimentacije, odnosno promjenljivog procesa taloženja materijala u sedimentnom bazenu, česta je izmjena po kakvoći i izmjena u sadržaju korisnih kemijskih komponenata, kako u vertikalnom tako i u horizontalnom dužinskom modelu ležišta.

Gornji miocen je sastavljen od kompleksa lapora, laporovitih glina, laporovitih vapnenaca i vapnenaca koji se obzirom na svoj sastav i položaj iz podataka istražnih bušotina mogu podijeliti u dvije zone:

- laporovite gline,
- laporoviti vapnenci.

Laporovite gline se nalaze u čitavom ležištu Vranović. Elementi pada sloja su sjeveroistok, azimut  $55^{\circ}$ , a padni kut sloja  $20^{\circ}$ . Debljina sloja je promjenljiva u intervalu od 10 m do 20 m. Masivne je teksture. U krovinskom dijelu ležišta, a na kontaktu sa glinovitim pijeskom uslijed djelovanja voda su izmijenjeni u smeđe lapore sa skramama limonita. U ovoj litološkoj sredini konstatirani su rijetki mehanički diskontinuiteti (tenziona pukotine).

Laporoviti vapnenci se međusobno proslojavaju sa laporovitim glinama. Uglavnom dominiraju sivi laporoviti vapnenci masivne teksture. Činjenica je da su glinoviti lapori hidroskopni sa vlagom i iznad 25 %. Slojevi su debljine od 40 cm do 3 m.

### **TEKTONSKI SKLOP**

Utvrđena su četiri rasjeda sa skokom 3 m do 10 m. Rasjedi su transverzalni u odnosu na glavni rasjed koji je formiran duž Crnog Potoka. Svakako da je najznačajnije da su svi ti rasjedi nosioci podzemnih vodenih tokova, što bi trebalo biti predmet izučavanja u narednom periodu.

### **JALOVINA**

Jalovinski pokrivač je glinovito-pjeskoviti sediment debljine od 0.3 m do 10 m, koji se prostire preko cijelog ležišta Bukova glava-Vranović. Jalovina je sivo-crne boje, jako zaglinjena, primjećuju se ostaci bilja i korijenja, masna opipa i hidroskopna, a zbog povišenog sadržaja štetnih spojeva ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ ) se ne koristi u tehnološkoj proizvodnji klinkera.

### **BIBLIOGRAFIJA:**

- KOROLIJA, B. i JAMIČIĆ, D. (1988) "et. al.", Osnovna geološka karta SFRJ, Našice, M 1:100 000 s tumačem.
- BORTEK, Ž. (2007) "et al.", Elaborat o obnovi rezervi mineralnih sirovina za proizvodnju cementa u eksploatacijskom polju Bukova glava i Vranović, Našice.

# **BAZA PODATAKA ISTRAŽNIH RADOVA U GIS-U NA PRIMJERU SARAJEVSKO –ZENIČKOM BASENU**

**Nermina Omerhodžić,**  
**Federalni zavod za geologiju-Sarajevo**

**Ramo Kurtanović,**  
**Federalni geoloski zavod za geologiju –Sarajevo**

**Nihad Jaganjac,**  
**Federalni zavod za geologiju –Sarajevo**

## **Rezime**

U radu su prikazani podaci o dostignutom stepenu ovladanosti u program GIS-a za istraživanje ležišta uglja u Srednjobosanskom ugljenom basenu. Pohranjeni podaci se prezentuju, od faze unosa podataka o istražnim radovima, do parcijalnog pregleda pojedinih segmenata istraživanja.

Dostignuta ovladanost korišćenja programa GIS-a za nešto više od godinu dana, je značajna, i ima tendenciju ovladavanja svih relevantnih elemenata bitni za ukupno poznavanje i interpretaciju ležišta.

**Ključne riječi:** istraživanje ležišta mineralnih sirovina, GIS program, baza podataka, atributne tablice, prostorni položaj, parcijalno analiziranje unetih podataka.

## **Uvod**

Istraživanje u sarajevsko-zeničkom bazenu traje više od sto /100/ godina, praktično od 1846, pa sve do danas. Tako dug vremenski period istraživanja, karakteriše se prikupljenim brojnim podacima o istražnim radovima i rezultata laboratorijskih istraživanja.

Brojni istražni radovi /istražne bušotine i drugih rudarski radovi/ omogućili su eksploataciji ležišta u Brezi, Kaknju, Zenici i Biloj.

U tako dugom vremenskom periodu izvedeno je na stotine istražnih bušotina različitih dubina koje se nalaze uglavnom kao dokumentacioni materijal u arhivama rudnika ili nekih drugih institucija, kao što je Federalni zavod za geologiju – Sarajevo

Podaci iz različitih perioda istraživanja, nose karakteristike svakog vremenskog perioda, shvatanja projekatnata – istraživača. Naravno da se radi o dragocjenim podacima, koje treba uniformno prikazati gledajući sa današnjeg aspekta, a prije svega o opštem litološkom stubu i položaju ugljenih slojeva. Shvatanja brojnih istraživača, u osnovi se slažu da ima više ugljenih slojeva u vertikalnom stubu Sarajevsko-zeničkom basenu. No, ipak, pisani profili istražnih bušotina, detaljnije otkrivaju različito determinisanje pojedinih litoloških članova, što može dovesti do nedoumica i različitih timačenja.

Formiranjem Federalnog zavoda za geologiju, stvoreni su uslovi da se svi pisani profili prenesu u bazu podataka brojnih istražnih radova, a posebno duboki istražnih bušotina. Unos podataka vrši se u odjelu Geološko-informacionog sistema /GIS/, pod rukovodstvom prvog autora ovog rada.



Ustupanjem dokumentacije o istraživanjima od strane rudnika uglja Srednje Bosne i sačuvanom dokumentacijom u fondu Zavoda, nanijeće se svi podaci od značaja za istraživanje uglja i na navedenom prostoru.

## 1.Osvrt na postojeće podatke istražnih bušotina

U vremenu od aprila 2007. /kad je počeo rad na unošenju podataka/ do septembra 2008. godine, unijeti su u bazu podataka brojnih pisanih podaci istražnih bušotina sa prostora eksploatacionih polja mrkog uglja Breza i Kakanj /1610/, pri čemu se mogu izvući sljedeća zapažanja:

- Postojeći podaci su odloženi u različitim institucijama / Zavodu, rudnicima i slično/,
- pisani profili bušotina su neujednačeni, što može imati u krajnjem uticaja na neujednačen kriteriji o vertikalnom /vremenskom/ shvatanju nastanka ugljenih slojeva.
- Neujednačen kriterij u izdvajanju pojedinih litoloških članova, a posebno onih koji se naslanjaju kao neposredna podina i krovina ugljenih slojeva,

Neujednačeno shvatanje o vremenskom izdvajanja ugljenih slojeva, može i već ima negaivne repekusiji u konačnom na eksploataciju uglja na prostoru cijelog Sarajevsko-zeničkog basena.

Primjer, nedovoljnog prostornog i vertikalnog poznavanja ležišta pri eksploataciji je napušteni rudnik uglja „Goruša“ u brezanskom ugljenom basenu. U navedenom ležištu, eksploatacija je vršena samo u jednom ugljenom sloju.

Dubljim analiziranjem napuštenih ali i sada aktuelnih jamskih i površinskih kopova, može e doćo do sličnih zaključaka.

## 2.Baza podataka

Baza podataka izgrađena je prema potrebama Federalnog zavoda za geologiju Sarajevo.

Baza se sastoji od skupa podataka featuredataset(Busotine\_Kakanj,busotine\_Breza.....Istrazni prostor.....) koji sadrzi određene feature class-e sa tablicama odgovarajucih podataka (slika br. 1).

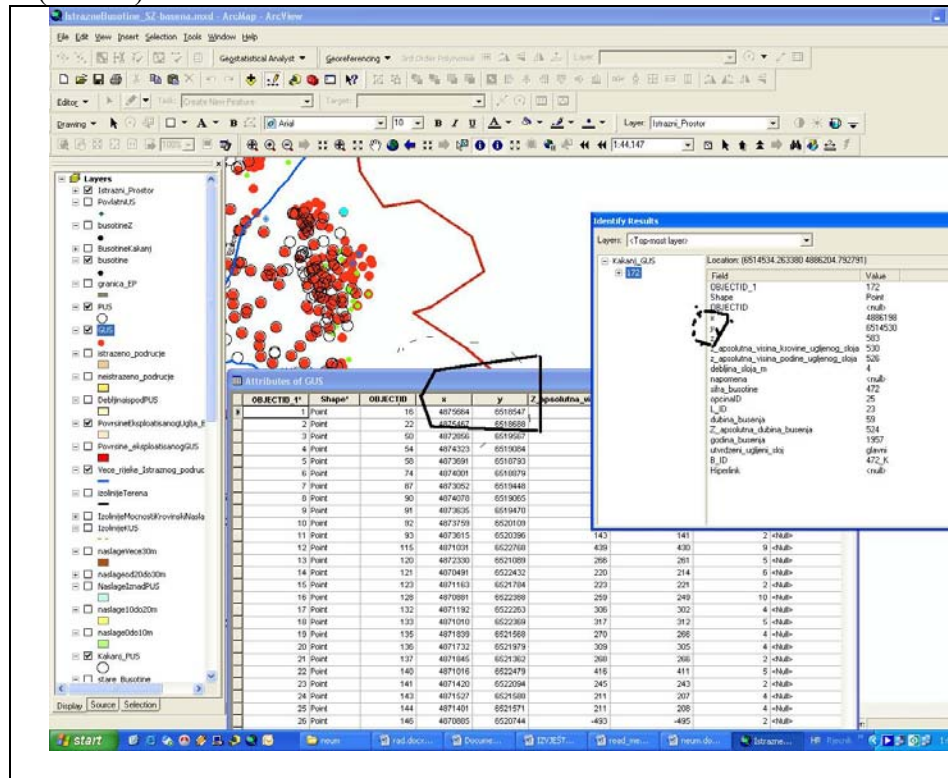
	x	y	z	z_apsolutna_vis_f	z_apsolutna_vis	debijina_sloja	
	4888583	6510132	489	441	438	3	uglj. sloj otkopan : Na dubini od 38m nabusen ge
	4886586	6507776	463	205	204	1	citavom duznom busotine tragovi rasjedanja , s
	4886250	6509166	489	464	456	8	
	4885981	6514172	575	530	529	1	
	4896767	6508805	379	179	172	7	U UGLJENOM SLOJU UOCEN JE PROSLUJAK K
	4886200	6508791	353	91	76	5	nije evidentirana godina busenja , ali u neposre
	4888358	6510269	525	452	451	1	u neposrednoj krovini uglj. sloja nabuseni prostoj
	4889336	6510691	472	460	457		
	4889667	6510800	462	353	341	12	u krovini sloja posava metana (pretpostavka bitz
	4889519	6510691	477	467	463	3	
	4889480	6510250	544	537	536	1	godina busenja nepoznata
	4887565	6508117	459	446	440	6	
	4887716	6512964	704	665	664	1	
	4886120	6507020	606	25	21	4	u krovini ugljenog sloja laporec sa tankim prostoj
	4882504	6514797	513	423	420	3	
	4885924	6508323	472	1	-5	6	u krovini ug.sloja nabuseni tragovi rasjedanja i f
	4884990	6514149	528	454	452	2	u krovini ugljenog sloja nabusen proslojak uglja .
	4884815	6514507	531	470	468	2	na dubini od 54m nabusen geol. sloj debijine 0.2
	4885008	6514436	546	493			na dubini od 53m nabusen sloj debijine 0.1m
	4884889	6514109	512	478	485	7	
	4884888	6514738	538	497	495	2	
	4885478	6514666	586	545	541	4	hipsometrijski visocije 20m od ugljenog sloja gln

Kreirena baza podataka u Gis softveru (slika br. 1)

### 3. Atributne tablice

Kreirane tablice sadrže u sebi formatirane opisne informacije (šifra busotine, debljina produktivne mineralne sirovine, naziv lokaliteta i sl.) koje su asociirane prostornim podacima.

Lokacija svake busotine u tablici je i geografska lokacija u obliku x,y koordinata na kreiranoj karti (slika 2)



Locirane busotina u Gis softveru (slika 2)

### 4. Priznalne analize pojedinih podataka

#### 4.1. Općina Kakanj /eksploataciono polje/

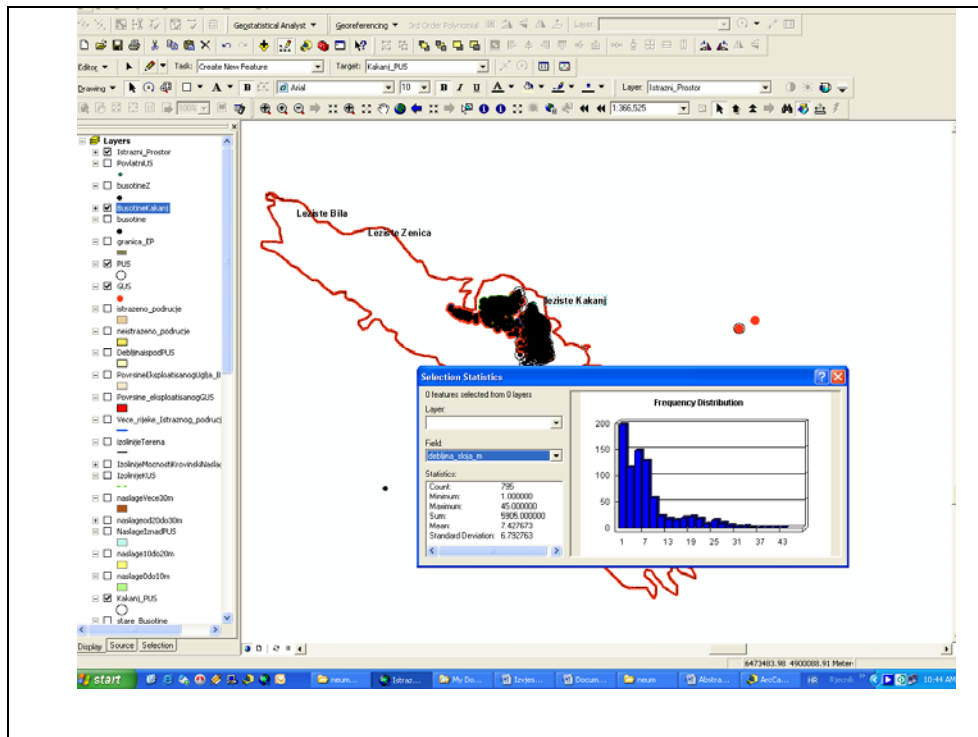
Istražni 68roctor općine Kakanj istražen je velikim brojem bušotina.

Kontinuiranim unosom podataka u atributne tablice informacionog sistema konstatovano je 1096 bušotina, detaljno obrađene 881 bušotine.

Atributne tablice sa rezultatima istraživanja omogućavaju brzu statističku, grafičku obradu (slika br. 3)

Statističkom analizom za obrađeni dio bušotna zapažamo da :

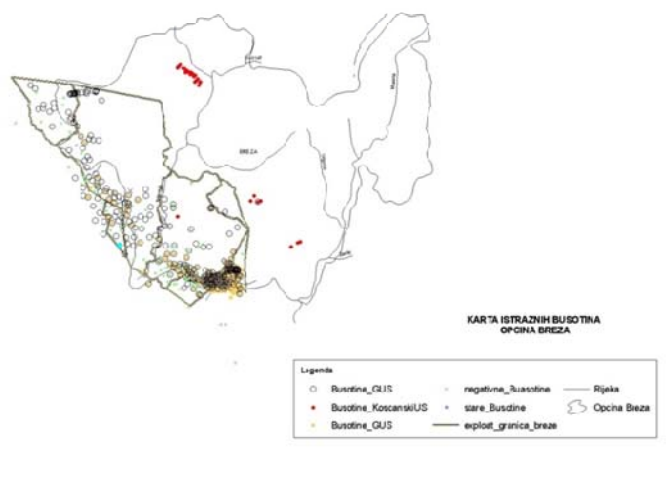
1. eksploataciono polje je istraživano od 1930 do 1987 godine,
2. ukupna dužina bušenja je 154,842 km,
3. debljina ugljenog sloja maksimalna 45 m I minimalna 1m.
4. skenirano je 40 karakterističnih bušotina po lokalitetima.



Statistička analiza u Gis softveru(slika br. 3)

## 1.2. Općina Breza /eksploataciono polje/

Istražni prostor općine Breza istražen je velikim brojem bušotina . Kontinuiranim unosom podataka u atributne tablice informacionog sistema konstatovano je 514 bušotina. Pohranjeni podaci u bazi poslužili su za konstrukciju lokacijskih karata (slika br. 4)



Lokacijska karta(slika br. 4)

## Zaključak

Istražni prostor općine Kakanj i Breza istražen je velikim brojem bušotina . Kreirana baza podataka izgrađena prema potrebama Federalnog zavoda za geologiju Sarajevo služi za kontinuiran unos podataka o istražnim bušotinama kao .

U vremenu od aprila 2007. /kad je počeo rad na unošenju podataka/ do septembra 2008. godine, unijeti su u bazu podataka brojnih pisanih podaci istražnih bušotina sa prostora eksploatacionih polja mrkog uglja Breza i Kakanj /1610/.

Unešeni podaci u atributne tablice informacionog sistema služe za Prelimnane analize pojedinih podataka, kreiranje detaljnih karata.

## Reference

1. Kakanj: **Elabora** o rezervama mrkog uglja RO "Rudnik Kakanj" stanje 31.05.1983. godine
2. Kakanj: **Elaborat** o rezervama uglja oraškog sloja PK "Vrelište" Kakanj , stanje 31.12.1985. godine
3. Kakanj: **Elaborat** o rezervama mrkog uglja krovnog ugljenog sloja područja PK "Ravne" Rudnik Kakanj – stanje 31.12.1989. god.
4. Breza: **Elaborat** o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja na području površinskog kopa Gornja Breza stanje 31.12.1979. god.
5. Breza: **Elaborat** o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rudnih rezervi eksploatacionih polja "Sretno" i "Kamenice" ležišta mrkog uglja Breza" - općina Breza /na dan 31.12. 2000 godine/,
6. Breza: **Elaborat** o proračunu rezervi i kvaliteta mrkog uglja u revirima Kamenice, Sretno i "Goruša" - rudnika Breza, sa stanjem
7. Breza: **Elaborat** o proračunu rezervi i kvaliteta mrkog uglja po obodu Brezovske uvale na potezu od sela Šošnje do rijeke Misoče, sa stanjem 31.12.1984. g.

# GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SREDNJEG TOKA NERETVE

Ermedin Halilbegović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Energoinvest, d.d. Sarajevo, Hamdije Čemerlića 2, 71000 Sarajevo, BiH; [ehalilbegovic@yahoo.com](mailto:ehalilbegovic@yahoo.com)*

## Abstract

Predmet ovog rada su stijenske mase u srednjem dijelu toka rijeke Neretve. Dolina Neretve je, u najvećem dijelu izučavanog područja, tipična klisura, sa strmim i veoma visokim dolinskim stranama. Bez obzira na pretežno čvrste stijenske mase koje su otporne na djelovanje spoljnih agenasa, u ovim prostorima su prisutne brojne gravitacione padinske tvorevine: odroni, klizišta, siparski zastori, deluvijumi, proluvijumi, rječne terase, koji bitno utiču na inženjerskogeološka svojstva terena, kao i njihov uticaj na uslove korišćenja tih teritorija.

Na ovom području su izvođena raznovrsna geološka, inženjerskogeološka, hidrogeološka, geofizička i geotehnička istraživanja za izgradnju brana i saobraćajnica. Objavljeni su brojni radovi i saopštenja. Svi ti radovi tretiraju pojedinačne pojave ili su rađeni za pojedine objekte, dok ne postoji jedna sintetizovana studija regionalnog karaktera, koja bi izvršila objedinjavanje svih tih pojedinačnih radova i saopštenja.

Na osnovu višegodišnjeg iskustva i rada na tretiranom području, te dostupnih literaturnih i fondovskih materijala, u radu se na osnovu sinteze svih prikupljenih podataka daju kvalitativno-kvantitativne specifičnosti terena u srednjem dijelu toka Neretve

**Ključne riječi:** rijeka Neretva, stijenske mase, regionalna istraživanja, brane, saobraćajnice

## 1. GEOMORFOLOŠKE ODLIKE TERENA

Srednji tok rijeke Neretve, koji je predmet rada, obuhvata područje od grada Konjica do ulaska u Mostarsko polje. Prema J. Cvijiću „Neretva je od Konjica probojnica, koja poprečke presjeca dinarske bore i slojeve“ (Sl. 1).



Sl. 1: Karta istraživanog područja

Geomorfološka građa na proučavanom terenu je veoma raznovrsna i morfometrijski neujednačena zbog promjenjivog litofacijalnog sastava, složenih tektonskih odnosa, neotektonske aktivnosti i raznovrsnog ponašanja stijenskih masa u površinskoj zoni raspadanja pod dejstvom egzogenih agenasa. Drugim riječima, može se konstatovati da se geomorfološki oblici razlikuju po vremenu nastanka, građi, pravcu pružanja, rasprostranjenosti, obliku i visini.

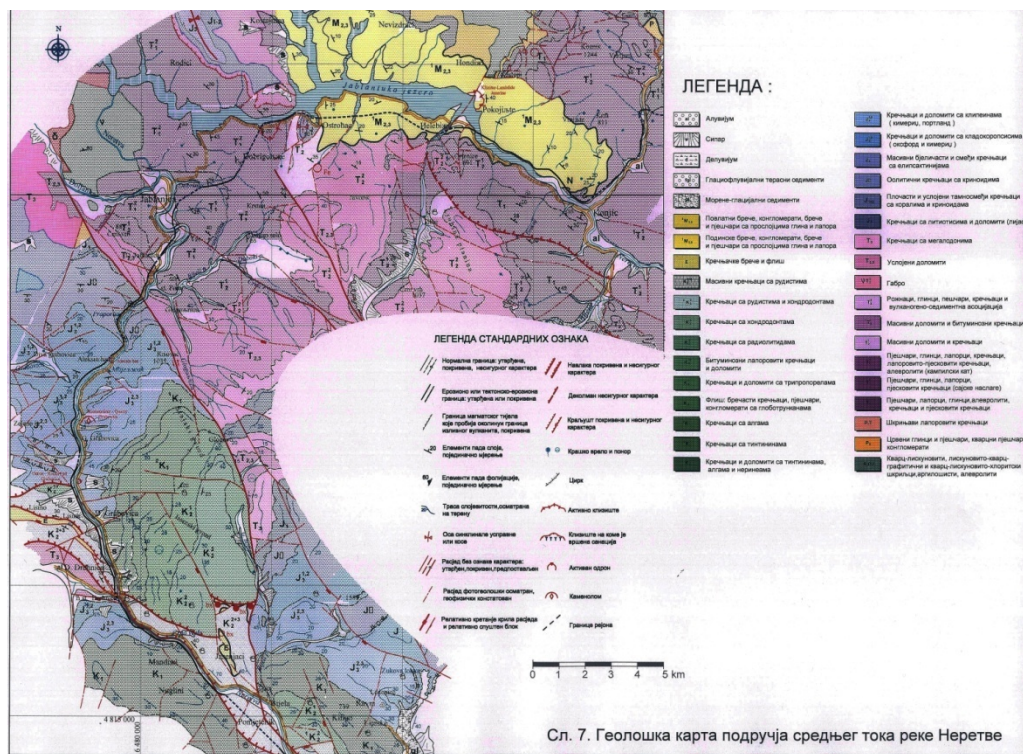
Generalno posmatrano, oko 80% istraživanog područja spada u brdsko-planinski reljef sa nadmorskom visinom iznad 500 m, a svega oko 20% u ravničarski sa nadmorskom visinom do 500 m.

## 2. GEOLOŠKA GRAĐA I TEKTONSKI SKLOP TERENA

Geološka građa terena u srednjem dijelu toka rijeke Neretve je složena. Proučavani teren generalno pripada dvjema geotektonskim jedinicama i to:

- Središnji Dinaridi i
- Spoljašni Dinaridi

Granica između ove dvije geotektonske jedinice generalno se nalazi u zoni Jablanice, a njen smjer pružanja je dinarskog pravca. U geološkoj građi proučavanog terena učestvuju stijene paleozojske starosti, mezozojski klastiti i karbonati, miocenski sedimenti te tanki kvartarni pokrivači (Sl.2).



Сл. 7. Геолошка карта подручја средњег тока реке Неретве

Sl. 2: Geološka karta

Najstarije stijene - *paleozojske* starosti zauzimaju sjeverni dio proučavanog terena. Paleozojski kompleks izgrađen je od kristalastih škriljaca niskog kristaliniteta, koji predstavljaju regionalno metamorfisane sedimente glinovito-pjeskovitog sastava. Permske tvorevina predstavljene su konglomeratima, pješčarima i glincima, transgresivnim preko stijena paleozoika. Permotrijas je predstavljen dobro uslojenim laporovitim škriljavim krečnjacima.

**Mezozoik** je predstavljen stijenama trijaskе, jurske i kredne starosti. Trijaski sedimenti imaju veliko rasprostranjenje naročito u sjevernom i središnjem dijelu proučavanog terena. Utvrđen je donji, srednji i gornji trijas. Sedimenti donjeg trijasa predstavljeni su bjelim i crvenim kvarc liskunovitim pješčarima koji su tankoslojeviti, masivni do bankoviti, zatim glincima te glinovito-pjeskovitim krečnjacima sa interkalacijama glinovitih i laporovitih-listastih slojeva. Preko sedimenata donjeg trijasa konkordantno leže srednjetrijaski krečnjaci, brečasti krečnjaci, dolomiti i tvorevine vulkanogeno-sedimentne formacije. Gornje trijaski sedimenti predstavljeni su uslojenim rjeđe masivnim i bankovitim dolomitima. Dolomiti su sive i svjetlosive boje. Masivni dolomiti su su veoma trošni, tako da čine dolomitski pjesak.

Sedimenti jure izgrađuju najvećim dijelom planinske masive Prenja, Čvrsnice i Čabulje. Konstatovani su različiti facijalni razvoji, kao i vrlo česte bočne i vertikalne promjene sedimenata jure. Utvrđena je donja, srednja i gornja jura. Naslage donje jure leže konkordantno preko krečnjaka i dolomita gornjeg trijasa. Predstavljene su krypto i mikrokristalastim krečnjacima, preko kojih nastavljaju grudvasti krečnjaci sa malim proslojcima dolomita. Boje su sive, tamnosive, mrke i žućkaste i lijepo su uslojeni. Debljina slojeva se kreće od 10 do 60 cm. Naslage srednje jure leže konkordantno preko donjojurskih sedimenata i predstavljene su oolitičnim i pseudoolitičnim krečnjacima sa manjim proslojcima dolomitičnog krečnjaka i dolomita i dobro su uslojeni. Gornjojurske naslage na ispitivanom terenu imaju veliko prostranstvo. U nižim horizontima zastupljeni su smeđi i sivi oolitični krečnjaci. Preko ovog horizonta dolaze sivi, jedri, bankoviti jako karstifikovani krečnjaci.

Sedimenti krede imaju veliko prostranstvo na proučavanom terenu i leže konkordantno preko jurskih sedimenata. Predstavljeni su masivnim i uslojenim krečnjacima i dolomitima. Konstatovana je donja i gornja kreda.

Od **kenozojskih** tvorevina najveće rasprostranjenje imaju sedimenati miocenske starosti i oni su predstavljeni podinskim dobro cementovanim konglomeratima, brečama i pješčarima koji se sastoje skoro isključivo od sivozelenkastih paleozojskih škriljaca. Valuci su različite veličine, a cementovani su glinovitom i gvoždevitom materijom. Ove naslage se javljaju sa obje strane Jablaničkog jezera.

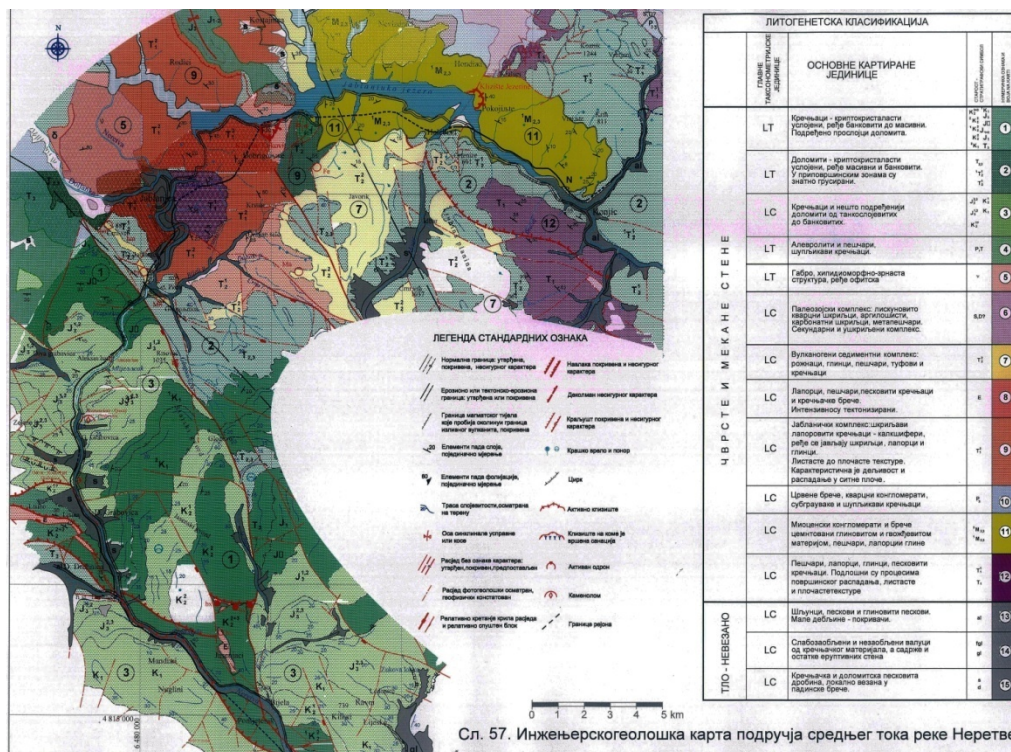
Tvorevina **kvartara** nemaju veliku zastupljenost i na proučavanom terenu izdvojeni su: fluvioglacialni terasni sedimenti, deluvijum, sipari i aluvijum. Fluvioglacialni sedimenti kod Jablanice izgrađuju dvije terase a visinska razlika ovih terasa iznosi oko 20 m. Materijal koji učestvuje u izgradnji ovih terasa sastoji se od valutaka kao i nezaobljenih komada stijena različite starosti, a vezivo je izgrađeno od karbonatnog i silicijskog cementa. Debljina terasa na pojedinim mjestima gdje je Neretva usjekla u njih svoje korito iznose i oko 60 m. Deluvijalne naslage imaju malo rasprostranjenje i nalaze se oko Prigrađana na krajnjem jugu. Sipari i siparišne breče izdvojeni su na padinama Plase, Čvrsnice i Prenja kao i od Donje Drežnice do Gornje Grabovice, odnosno na svim strmim obroncima planina i brda.

Tektonski sklop proučavanog terena je složen i izdvojeno je više strukturno-tektonskih jedinica. Granice između ovih jedinica su rasjedno-tektonskog, a često i navlačnog karaktera.



### 3. INŽENJERSKOGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Na proučavanom terenu sve stijene se mogu podijeliti na dvije osnovne grupe: čvrste i mekane stijene i nevezana tla. Čvrste i mekane stijene zauzimaju veliko prostranstvo na proučavanom području, dok se nevezana tla javlja samu u vidu izolovanih manjih partija (Sl. 3).



Sl. 3: Inženjerskogeološka karta

**Čvrste stijene** zauzimaju sjeverne i južne dijelove terena. Grade stabilne dijelove terena i uslovi izgradnje objekata su u njima generalno povoljni. Litološki tipovi su predstavljeni sljedećim jedinicama:

- krečnjacima kriptokristalastim, uslojenim i rjeđe bankovitim do masivnim sa podređenim proslojcima dolomita, gornje trijaskе, jurske i kredne starosti
- dolomitima kriptokristalastim, uslojenim, rjeđe masivnim i bankovitim koji su u pripovršinskim zonama grusirani, srednje do gornjo trijaskе starosti
- škriljavim latorovitim krečnjacima, uslojenim i dijelom metamorfisanim, permo-trijaskе starosti

Litološki kompleksi grade većim dijelom stabilne a podređenije uslovno stabilne dijelove terena, dok pokrivači na kompleksima grade stabilne dijelove terena. Uslovi za građenje u određenoj mjeri su nepovoljniji u odnosu na naprijed navedene stijenske mase.

Ova konstatacija proističe iz litološkog sastava, tektonske oštećenosti i dejstva egzogenih faktora u toku vremena. Predstavljene su slijedećim jedinicama i to:

- krečnjacima i nešto podređenije dolomitima od tanko slojevitih do bankovitih, srednje trijasje, jurske i kredne starosti
- paleozojskim kompleksom-hlorit muskovitskim i sericitskim škriljcima, alevrolitima, liditima i probojima porfiritima. Ovaj kompleks je sekundarno ubran i uškriljen
- vulkanogeno-sedimentnom formacijom-rožnacima, glincima, pješćarima, tufovima i krečnjacima, srednje trijasje starosti
- jablanički kompleks predstavljen škriljavim laporovitim krečnjacima-kalkšiferima, donje trijasje starosti. Rjeđe se javljaju škriljci, laporci i glinci listaste do pločaste teksture. Karakteristična je djeljivost i raspadanje u sitne ploče.

**Mekane stijene** zauzimaju središnji prostor proučavanog terena. Mekane stijene i tla grade stabilne-uslovno stabilne i nestabilne dijelove terena. Tla-pokrivači su generalno tanki-male debljine. Predstavljene su slijedećim litološkim kompleksima i to:

- krupnozrnim konglomeratima, pješćarima, glincima i bigrovitim krečnjacima permske starosti
- podinskim brečama i konglomeratima cementovani glinovitom i gvoždevitom materijom, pješćarima, laporcima i glinama, miocenske starosti
- pješćarima, laporcima, glincima i pjeskovitim krečnjacima, donje trijasje starosti. Listaste i pločaste su teksture i podložni su procesima površinskog raspadanja.

**Tla** na proučavanom terenu imaju malo rasprostranjenje, a kao veće izolovane partije pojavljuju se oko Konjica (aluvion Neretve) i Jablanice (fluvioglacialne terase), od Gornje Grabovice do Drežnice i južno od Salakovca. To su krupnozrne nevezane stijene i predstavljene su slijedećim litološkim kompleksima i to:

- šljunkovima, pjeskovima i bigrovitim krečnjacima, male debljine-pokrivači, aluvijalne i jezerske tvorevine
- slabozaobljenim i nezaobljenim valucima od krečnjačkog materijala, a sadrže i ostatke eruptivnih stijena - fluvioglacialni sedimenti oko Jablanice imaju veliku moćnost
- krečnjačka i dolomitska pjeskovita drobina, lokalno vezana u padinske breče-deluvijum i sipari.

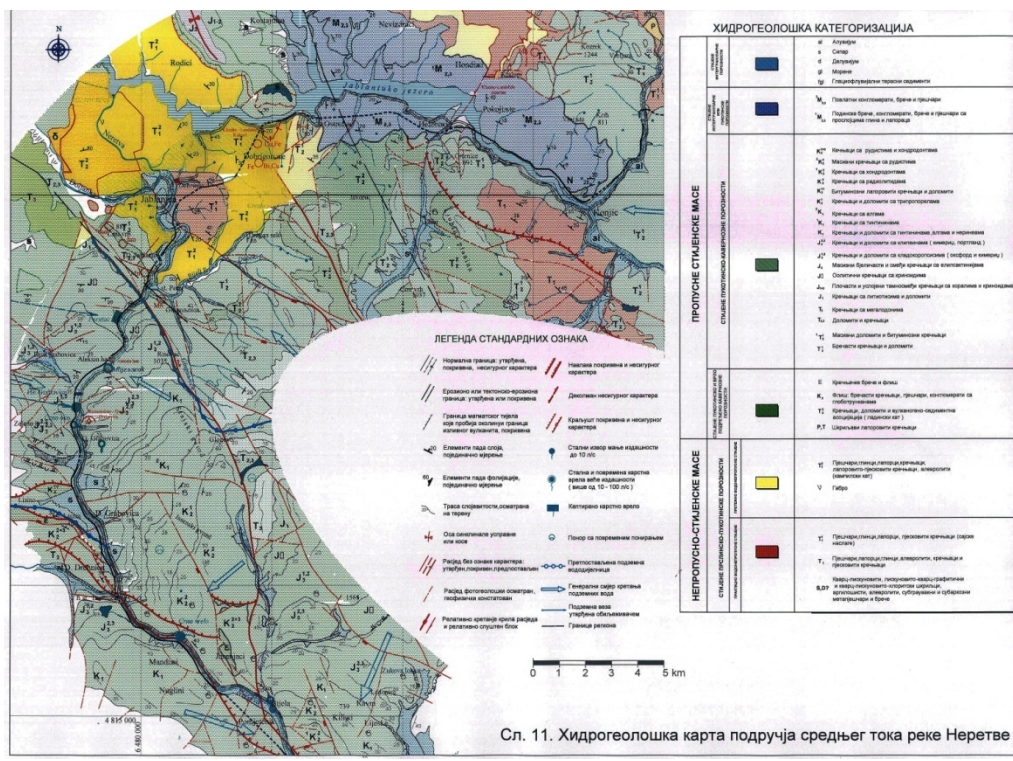
Iz naprijed iznesenog može se zaključiti da u okviru proučavanog terena lokalne pojave nestabilnih padina treba očekivati u terenima izgrađenim od paleozojskih, verfenskih, vulkanogeno-sedimentnih i tercijarnih polifacijalnih kompleksa. Odlika stijena u ovim terenima je velika debljina ilovačasto-pjeskovitog pokrivača, promjenjivost vodno-fizičkih i fizičko-mehaničkih svojstava, podložnost eroziono-denudacionim procesima.

Ovdje je važno napomenuti i koluvijalne naslage-sipare koji zbog velike moćnosti i strmih padinskih strana, posebno na dionici Grabovica-Drežnica gdje može doći do pojave nestabilnosti-odronjavanja.

#### 4. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Stijenske mase koje izgrađuju izučavani teren veoma su heterogene i kompleksne kako po litološkom sastavu, strukturno-tektonskim karakteristikama, strukturi poroznosti, vodopropusnosti i drugim osobinama bitnim za definisanje hidrogeoloških karakteristika.

Obzirom na hidrogeološku funkciju stijenskih masa, generalno se mogu izdvojiti kao propusne i nepropusne stijenske mase (Sl.4).



Сл. 11. Хидрогеолошка карта подручја средњег тока реке Неретве  
 Hidrogeološka karta

U sjevernom dijelu izučavanog terena i približno do zone Jablanice, teren je izgrađen od vodonepropusnih, propusnih i podređenije vodopropusnih stijenskih masa, dok u južnom dijelu terena—od Jablanice dominiraju izrazito vodopropusne karstifikovane stijenske mase.

Najveći dio terena pripada slivu rijeke Neretve, odnosno slivu Jadranskog mora, dok sjeverni i sjeveroistočni dijelovi terena pripadaju slivu rijeke Save. Vododjelnica između ova dva regionalna slivna područja je površinska orografska u lokalitetu Ivan planine.

U okviru južnog karbonatnog dijela terena egzistiraju podzemne vododjelnice koje su često zonarnog karaktera. Kao kanjonu Neretve kao najdubljem erozionom bazu u proučavanom terenu usmjerene su sve podzemne vode i površinski tokovi. Na rijeci Neretvi na izučavanom terenu izgrađene su tri hidroelektrane: HE Jablanica, HE Grabovica i HE Salakovac.

U južnom dijelu terena postoje velika povremena karstna vrela kao i ponori sa povremenim i stalnim uviranjem vode u zoni akumulacije Salakovac. Cirkulacija se odvija duž tektonskih i strukturno predisponiranih zona.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu sadašnjeg nivoa poznavanja geoloških odnosa i inženjerskogeoloških karakteristika stijenskih masa na proučavanom terenu zaključuje se slijedeće:

- Geomorfološka građa na proučavanom terenu je veoma raznovrsna i morfometrijski neujednačena zbog promjenjivog litofacijalnog sastava, složenih tektonskih odnosa, neotektonske aktivnosti i raznovrsnog ponašanja stijenskih masa u površinskoj zoni raspadanja pod dejstvom egzogenih agenasa.
- Geološka građa terena u je složena. Proučavani teren generalno pripada dvjema geotektonskim jedinicama i to: Središnjim i Spoljašnjim Dinaridima. Granica između ove dvije geotektonske jedinice generalno se nalazi u zoni Jablanice, a njen smjer pružanja je dinarskog pravca. Počev od Konjica do Jablanice teren je izgrađen od mezozojskih klastita i karbonata, miocenskih sedimenata i tankog kvartarnog pokrivača. Južno od Jablanice (Spoljašni Dinaridi) u građi terena dominiraju karbonatne stijene trijaskе, jurske i kredne starosti kao i kvartarni fluvio-glacijalni sedimenti i sipari.
- Po svojim inženjerskogeološkim svojstvima proučavani teren je najvećim dijelom izgrađen od čvrstih stijena, s tim što u okviru jedinice Unutrašnjih Dinarida su više zastupljene stijene podložne procesima raspadanja i formiranja debljih pokrivača, što ima odraza kako na stabilnost terena u prirodnim uslovima tako i u uslovima antropogenih zahvata. Južni dio terena izgrađen je čvrstih karbonatnih stijena koje se odlikuju povoljnijim inženjerskogeološkim svojstvima u smislu stabilnosti.
- Po svojim hidrogeološkim svojstvima sjeverni dio terena izučavanog terena do približno zone Jablanice je izgrađen od vodonepropusnih, propusnih i podređenije vodopropusnih stijenskih masa, dok južno od Jablanice dominiraju izrazito vodopropusne, karstifikovane stijenske mase.
- Od Konjica do Jablanice, odnosno kontakta sa karbonatima geološki uslovi izgradnje objekata su teži-složeniji (nestabilne padine, klizišta).

## L I T E R A T U R A

1. J. Cvijić: Geomorfologija, Knjiga druga, Državna štamparija kraljevine SHS, Beograd 1926. godine
2. E. Halilbegović: Inženjerskogeološka svojstva stenskih masa u srednjem delu toka reke Neretve, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd 2007. godine (Doktorska disertacija)
3. M. Mojićević; M. Laušević: Tumač za list Mostar, Institut za geološka istraživanja Sarajevo 1966. god
4. J. Sofilj; M. Živanović: Tumač za list Prozor, Institut za geološka istraživanja-Sarajevo, 1971. godine

**H. Isaković<sup>1</sup>**  
**J. Marinčić<sup>2</sup>**

## **GEOLOŠKA GRAĐA I STEPEN ISTRAŽENOSTI LEŽIŠTA LIGNITA KONGORA KOD TOMISLAVGRADA**

### **REZIME**

Tomislavgradski (Duvanjski) neogeni ugljonosni bazen ima dvije vrste ugljena, i to: ležište mrkog ugljena, u sjevernom dijelu bazena, na području Eminovog sela i ležište lignita u južnom dijelu bazena, na području Kongore.

Ležište lignita „Kongora“ smješteno je u jugoistočnom dijelu duvanjskog polja, na nadmorskoj visini od oko 870 m. Obod ovog dijela bazena izgrađuju jurski, kredni i eocenski, pretežno vapnoviti sedimenti, a polje neogene i kvartarne tvorevine.

U ovom radu je prikazana je geološka građa i stepen istraženosti ležišta lignita „Kongora“, u kome su skoncentrisane veike i značajne mase lignitskog ugljena. Ležište ima površinu od 4 km<sup>2</sup> u kojem su locirana tri ugljena sloja (glavni sloj, međusloj i krovinski ugljeni sloj).

**Ključne riječi:** neogeni ugljeni bazen, stepen istraženosti, ugljeni sloj, ležište, istraženost ležišta,

### **UVOD**

Ugalj ležišta „Kongora“ pripada grupi slabo kvalitetnih lignita, niskog stepena karbonizacije. I pored dosta zadovoljavajućeg stepena geološkog poznavanja ležišta „Kongora“, prostorno veliki duvanjski ugljeni bazen, ipak nije dovoljno istražen.

S obzirom na veoma značajan i sigurno utvrđen sirovinski potencijal te mogućnost proširenja postojeće sirovinske baze, predmetno ležište lignita „Kongora“ ima poseban značaj za perspektivni razvoj eksploatacije lignita i njegovu uporabu u termoenergetske svrhe.

Pored utvrđenih zaliha sigurno je definisana i kakvoća lignita na više stotina analiziranih uzoraka koji vode podrijetlo iz jezgrenog materijala bušotina, kao i istražnih raskopa.

Utvrđena prosječna kakvoća ugljenih slojeva iznosi 7.425 kJ/kg, i uklapa se u kakvoću ugljena koji može zadovoljiti buduća kotlovska postrojenja. Na osnovu utvrđenih granica površinskog rasprostranjenja, kao i rezultata istraživanja u ležištu „Kongora“, u sva tri ugljena sloja utvrđeno je 227 miliona tona ugljena.

---

<sup>1</sup> Dr. sc. Hamo Isaković, docent, RGGF Tuzla

<sup>2</sup> Josip Marinčić, dipl.inž.geologije, Elektroprivreda Hrvatske Zajednice Herceg-Bosna, Mostar

# **PRIKAZ GEOLOŠKE KARTE SARAJEVSKO – ZENIČKOG BASENA U GIS SOFTVERU**

**<sup>1</sup>Alojz Filipović, <sup>1</sup>Fikret Mujkić, <sup>1</sup>Čazim Šarić**

<sup>1</sup>Federalni zavod za geologiju

Projekat „Geološka karta Sarajevsko-zeničkog basena R 1 : 10 000“ predstavlja jednu od faza sistematskih regionalnih ispitivanja geološke građe terena Federacije Bosne i Hercegovine. Glavni cilj projekta je cjelovita ocjena geoloških potencijala prostora Sarajevsko – zeničkog basena putem izrade geoloških karata različite razmjere i sadržaja prema Upustvu.

Ova ocjena treba da prikaže teritoriju Sarajevsko – zeničkog basena sa gledišta vrijednosti, perspektivnosti i načina korištenja u svim aspektima koji zavise od geoloških faktora a od značaja su za regionalno planiranje, perspektive u pogledu istraživanja mineralnih sirovina i voda, inženjerskegeološke i hidrogeološke faktore značajne za urbanizaciju, povoljnost korištenja zemljišta za određene svrhe sa geološkog gledišta i slično.

Današnji stepen spoznaja polazi od karata vlastitog teritorija ali i koncepcijskih kao i metodoloških pristupa primjenjenih u izradi karata u evropskim a pogotovo u zemljama iz našeg okruženja.

Izrada geološke karte i specijalističkih karata unutar programa ima za cilj proučavanje, definiranje i kartografski prikaz stijenskih kompleksa (formacijska analiza) koji su stvarani u određenim okolišnim uslovima u vremenu i prostoru, analizu strukturno – tektonskog i strukturno – geomorfološkog sklopa, prikaz cjelovitog mineralno – sirovinskog i geotermalnog potencijala, proučavanje podzemnih voda, proučavanje i prikaz inženjersko – geoloških karakteristika.

Geološka karta Sarajevsko – zeničkog basena će imati i već ima, široku primjenu u srodnim prirodnim naukama, obrazovanju, poljoprivredi, šumarstvu, privredi i dr.

Geološka karta predstavlja osnovu za ocjenu sirovinske i energetske potencijalnosti određene regije ili šireg državnog teritorija.

Takođe, geološka karta je temelj za sva ostala detaljna i specijalistička geološka istraživanja, npr.: inženjersko – geološka, hidrogeološka, lociranje pojava i ležišta mineralnih sirovina i dr.

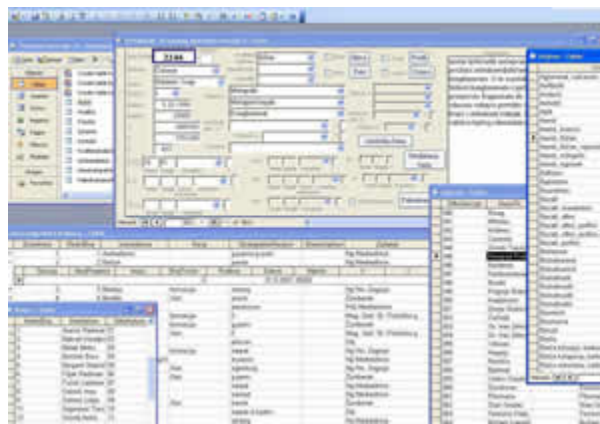
Ona može koristiti kao podloga i za izradu prostornih planova, zaštite okoliša kao i drugih specijalističkih karata, seizmotektonske rejonizacije, geofizičkih interpretacija, gradnje infrastrukturnih i hidroenergetskih objekata.

Svi rezultati su informatički obrađeni i spremljeni u geološki model digitalne baze podataka a karte će biti izrađene u digitalnom obliku u GIS formatima.

Baza podataka sadrži layere (slojeve) sa odgovarajućim atributnim tablicama kao i georeferencirane geološke i topografske karte.

Layeri grafički prikazuju:

- granicu bazena
- granice kartiranih jedinica
- litostratigrafiju
- pozicije uzotaka
- strukturne oblike
- stajne tačke
- pravce keretanja (ture)
- terenske dnevnik



digitalni terenski dnevnik

Baza geoloških podataka je bazirana na prikupljanu i obradi podataka, kako ranijih tako i sadašnjih istraživanja koja se provode terenskim geološkim kartiranjem na području Sarajevsko – zeničkog basena.

Podaci prikupljeni tokom istraživanja unose se u bazu podataka, a zatim se obrađuju u GIS-u. Obrada podataka prvenstveno podrazumijeva standardizaciju svih segmenata predviđenih baza podataka, unos podataka u baze, obradu i informatičku pripremu te izradu digitalne litostratigrafske karte. Veoma važno je naglasiti da digitalizacija i GIS obrada karte omogućuje njeno neprekidno nadopunjavanje podacima novih istraživanja.

Sva navedena istraživanja vode ka boljem razumijevanju temeljne geološke građe u svrhu optimalnog održivog upravljanja mineralnim sirovinama, boljeg planiranja izvođenja privrednih objekata i aktivne zaštite životne sredine. Tu djelatnost Zavod za geologiju ostvaruje kroz naučne projekte, primjenjena istraživanja i razne međunarodne projekte.



# KONSTRUKCIJA NA KARTI I GEOMETRIZACIJA MINERALNOG RESURSA BOKSITA NA LOKALITETU “PODBRAĆAN “ I “BRAĆAN “

Todorović Miroslav<sup>1</sup>, Perišić Branko<sup>1</sup>,  
1 AD „BOKSIT“, - Milići, Republika Srpska, BiH

## **Sažetak:**

U ovom radu je prikazano da je konstrukcija na karti i geometrizacija mineralnih resursa i istraživanja rezultat potrebe naučnog istraživanja složenih procesa sa gledišta njihovog uklapanja u organizaciju cjeline, primjenom matematičkih kvantitativnih metoda kojima se najlakše može optimirati rješenje, a u cilju što boljih rješenja u donošenju odluke pri geološkim istraživanjima mineralnih resursa.

U radu je prikazan model geometrizacije mineralnog resursa koji je jedan od važnih činilaca u geološkom modeliranju za određivanje prognozno-strategijskog plana eksploatacije.

**Ključne riječi:** mineralni resurs, boksit, geometrizacija

## CONSTRUCTION OF MAPS AND GEOMETRIZATION OF MINERAL RESOURCES OF BAUXITE IN THE LOCALITES “PODBRACAN” AND “BRACAN”

### **ABSTRACT:**

In this paper is presented that construction of maps and geometrization of mineral resources and researching are a result of a need for scientific researching of the complex processes from the aspect of their matching into organization of totality by using mathematical quantitative methods which are the easiest way to optimise a solution , with the purpose of reaching better solutions and decisions in the geologic researching of the mineral resources.

Here is also presented the model of geometrization of mineral resources which is an important factor in geologic molding for positioning the prognostic-strategical plan of the exploitation.

**Key words:** mineral resource, bauxite, geometrization

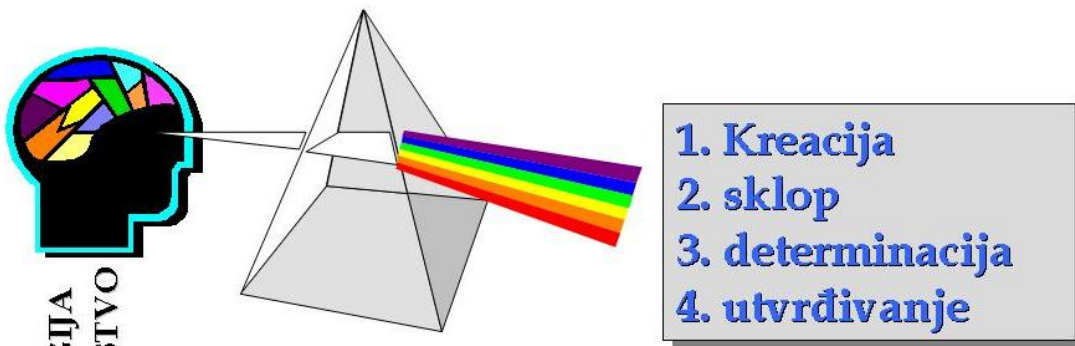
### **1. UVOD**

Tema ove projekcije je da prikaže geološka i rudarska istraživanja, kao naučna saznanja (geološko ekonomska ocijena) daju smjer istraživanja.

Način ranijih geoloških istraživanja u pogledu geoloških alata je bio spor. Razvojom novih tehnologija došlo se do saznanja o poboljšanju geoloških informacija.

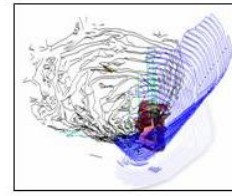
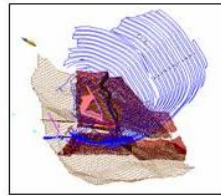
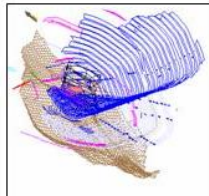
Ovo istraživanje je sprovedeno sa ciljem proveravanja ranijih geoloških podataka na PK „PODBRAĆAN”I „PK „BRAĆAN”, tj. urađena je konstrukcija i geometrizacija rudnog tijela gdje je moguća brža prezentacija skupa geoloških podataka i brže se dolazi do određenih informacija.

-Ovako saznanje geološke informacije i njena pojava treba da nam predoči kolika je njena važnost i koliko utiče na efikasnost i budućnost eksploatacije.



geološka  
istraživanja  
2008

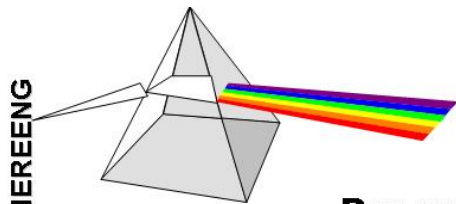
### KONSTRUKCIJA NA KARTI



## 2. PODRUČJE PRIMJENE

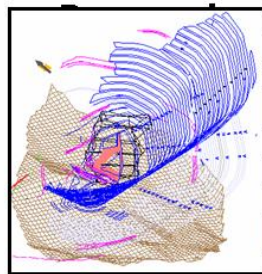
Proceduru primenjuju Služba za geologiju i projektovanje – Sektor rudarstvo.

- Izrada projekta detaljnih geoloških istraživanja
- Revizija projekta detaljnih geoloških istraživanja
- Izvođenje istražnih geoloških radova
- Izrada elaborata o klasifikaciji i kategorizaciji mineralnih sirovina
- Revizija elaborata o klasifikaciji i kategorizaciji mineralnih sirovina
- Izrada studije ekonomske opravdanosti eksploatacije
- Izrada glavnog projekta eksploatacije
- Geološko praćenje eksploatacije ležišta



## Proces analize

- **Proces ulaganja u mineralna istraživanja**
- **Rezultat istraživanja: GEOLOGIJA**
  - Kvalitetna prezentacija geoloških istraživanja
- **Materijalni bilans: RUDARSTVO**
  - Na osnovu kvalitetne prezentacije, proces odlučivanja



Modeliranja: **MODELIRANJE**  
Modeliranja procesa geologije i rudarstva



### 3. DEFINICIJE, OZNAKE I SKRAĆENICE

U složenim poduhvatima sve veću ulogu i značaj imaju naučne metode, tehnika i sredstva, koje omogućuju da se odbace nepovoljne i štetne a preporučuje najpogodnije varijante.

Geometrizacijom pri geološkim istraživanjima nazivamo svaku od mjera ili sistem akcija koje su objedinjene jednom idejom, a usmjerene su na postizanje određenog cilja.

Geološke osnove su mjere upravljanja. Od geologije zavisi izbor parametara, koje karakterišu način sprovođenja i eksploatacije mineralnih resursa. Prema tome Konstrukcija i geometrizacije mineralnih resursa je djelo svjesne odluke i ljudskog uma.

**Ključne riječi:** mineralni resurs, boksit, konstrukcija, geometrizacija

TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING

#### **Proces ulaganja u mineralna istraživanja**

**Rezultat istraživanja: GEOLOGIJA** Kvalitetna prezentacija geoloških istraživanja



2008



**KONSTRUKCIJA NA KARTI**

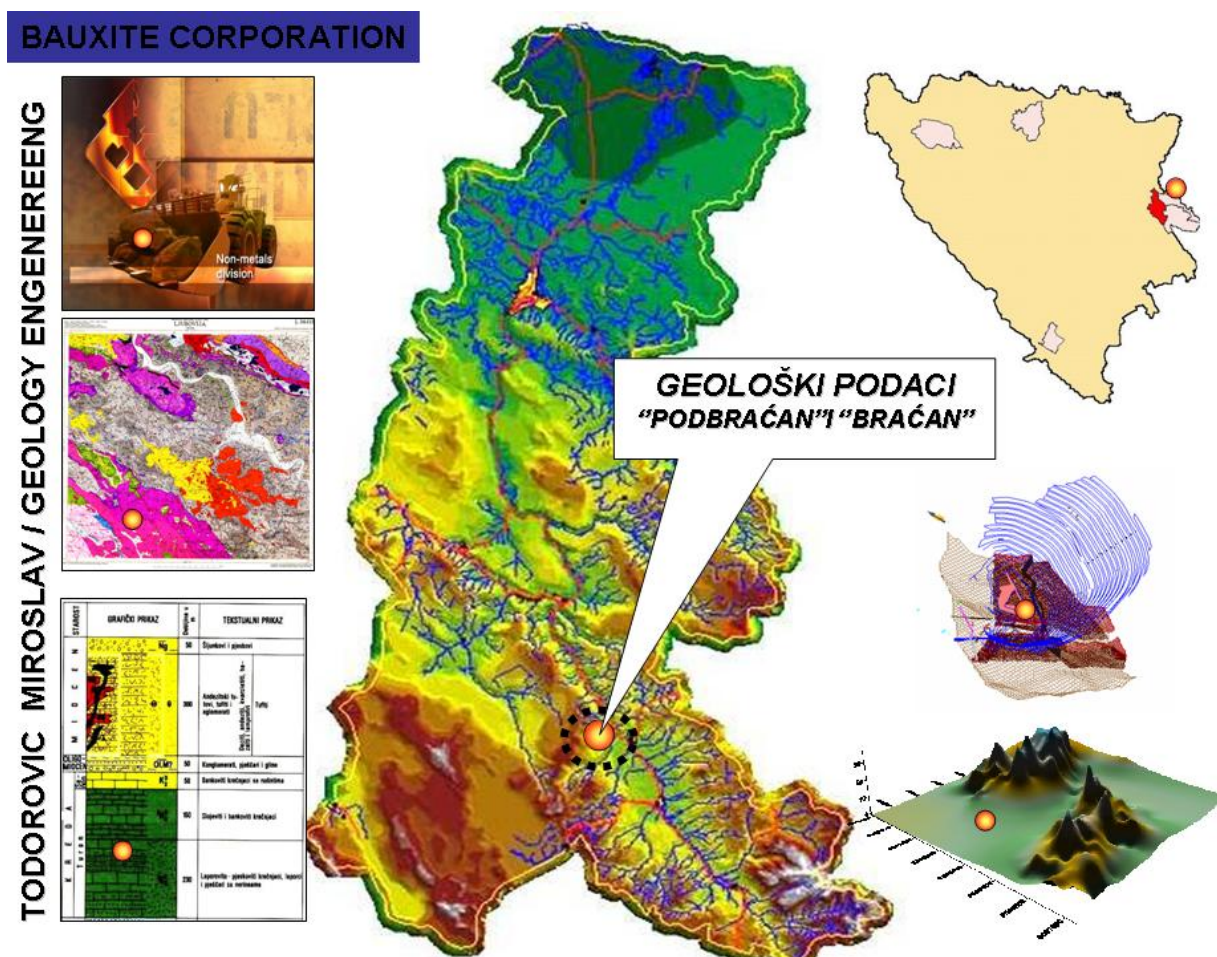
#### 4. KONSTRUKCIJA NA KARTI I GEOMETRIZACIJA MINERALNOG RESURSA BOKSITA NA LOKALITETU “PODBRAČAN” I “BRAČAN”

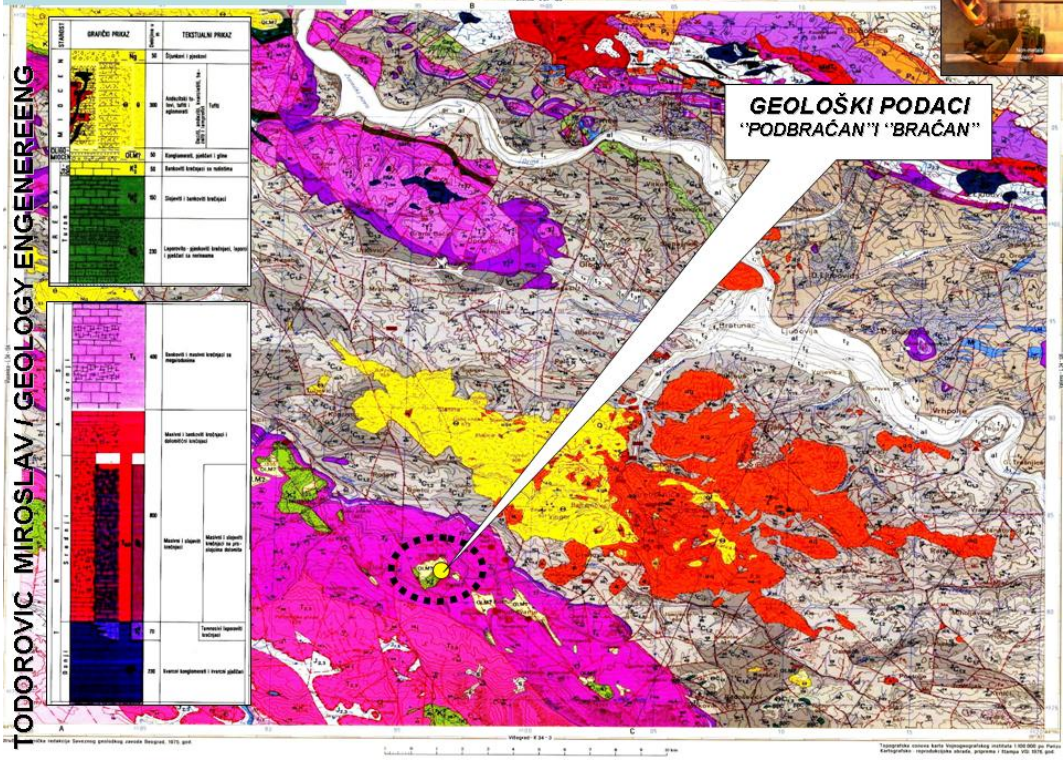
Proces investicionog razvoja zasniva se na:

- dugoročnim planovima razvoja, utvrđenih misijom, ciljevima i politikama preduzeća BOKSIT i
- rezultatima aktivnosti u području razvoja proizvoda, programa proizvodnje i tehnologija koje se odvijaju prema odredbama dokumenta
- Procedura: Razvoj proizvoda.

Proces geoloških istraživanja mineralnih sirovina obuhvata aktivnosti prikazane dijagramom toka na sledeći način:

#### PRIKUPLJANJE GEOLOŠKIH PODATAKA





TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING

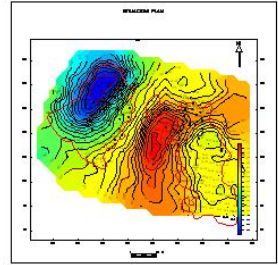
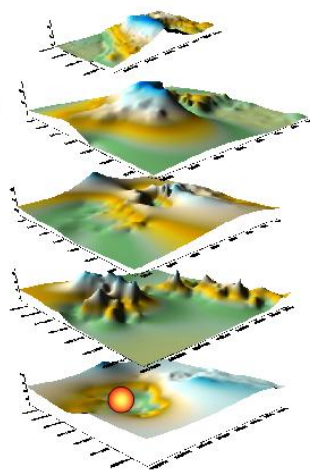
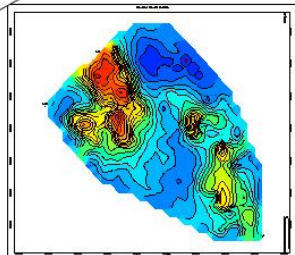
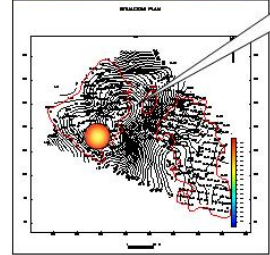
# GEOLOGIJA

- topografska osnova istražnih radova
- karta- osnova trijasa
- karta-debljine boksita
- situaciona-karta kopa

TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING



GEOLOŠKI PODACI  
"PODBRAČAN" I  
"BRAČAN"  
Topografske osnove

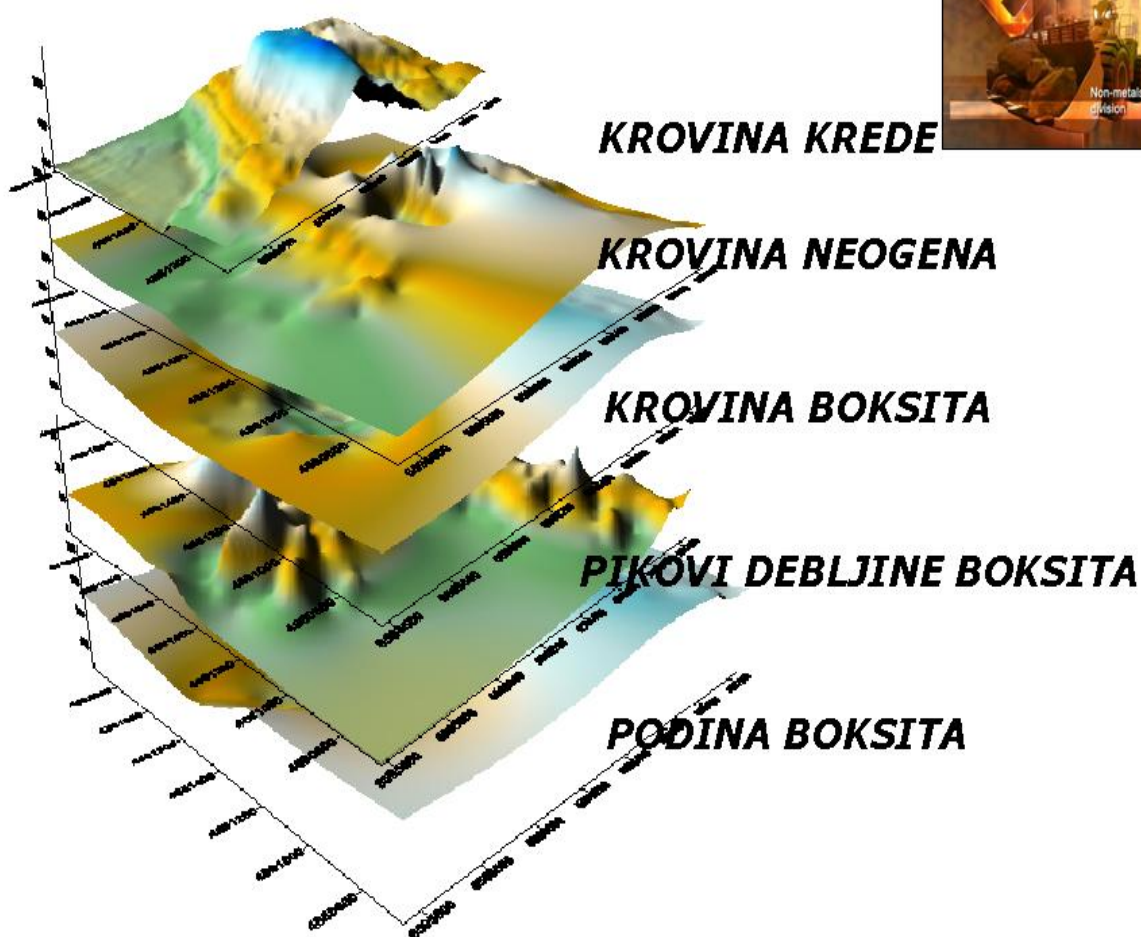


Slika 1: Dijagram toka procesa geoloških istraživanja mineralnih sirovine

KONSTRUKCIJA NA KARTI I GEOMETRIZACIJA  
MINERALNOG RESURSA BOKSITA NA LOKALITETU  
“PODBRAČAN “ I “BRAČAN “

TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING

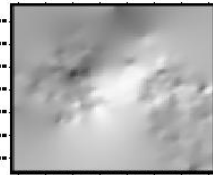
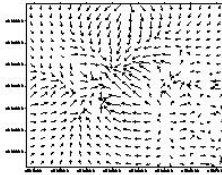
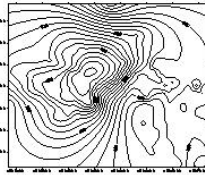
**GEOLOŠKI MODEL  
POVRŠINSOG KOPA-PODBRAČAN**



**KONSTRUKCIJA NA KARTI I GEOMETRIZACIJA**  
**PODINE MINERALNOG RESURSA BOKSITA NA**  
**LOKALITETU "PODBRAČAN" I "BRAČAN"**

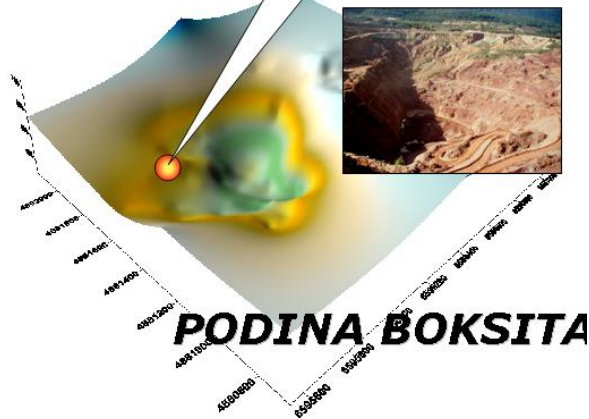
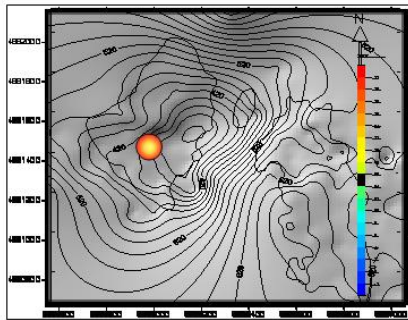
**GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PODINE MINERALNOG**  
**RESURSA (BOKSIT)-SREDNJI TRIJAS**

TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING



**KONSTRUKCIJA**  
**PODINE BOKSITA**  
**"PODBRAČAN" I "BRAČAN"**

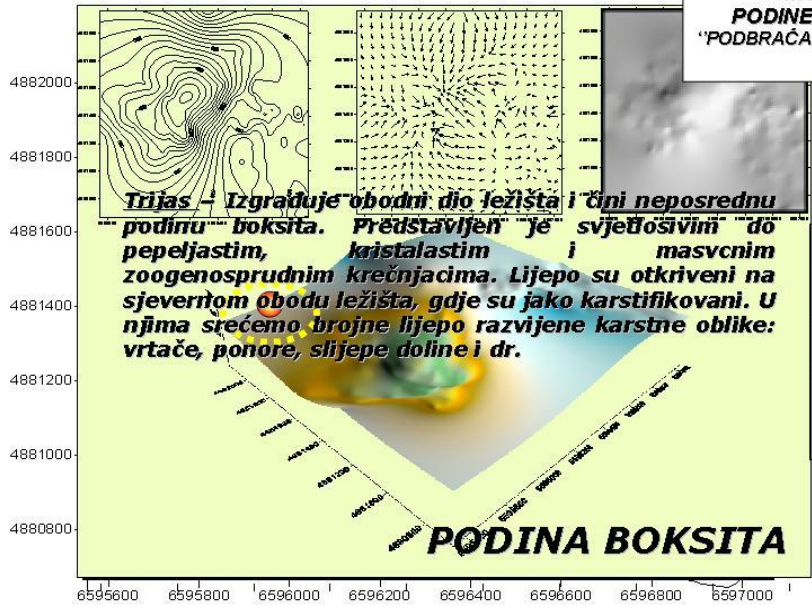
KONTURA MINERALNOG RESURSA BOKSITA  
podbračan a bračan 2008



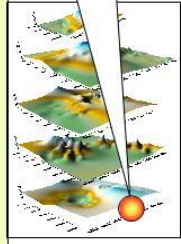


TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING

### SREDNJI TRIJAS



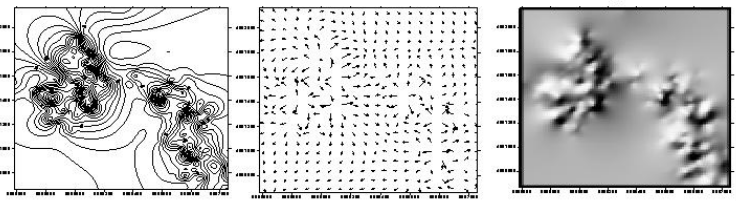
MODEL  
PODINE BOKSITA  
"PODBRAČAN" I "BRAČAN"



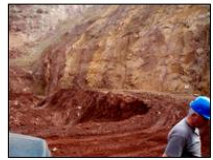
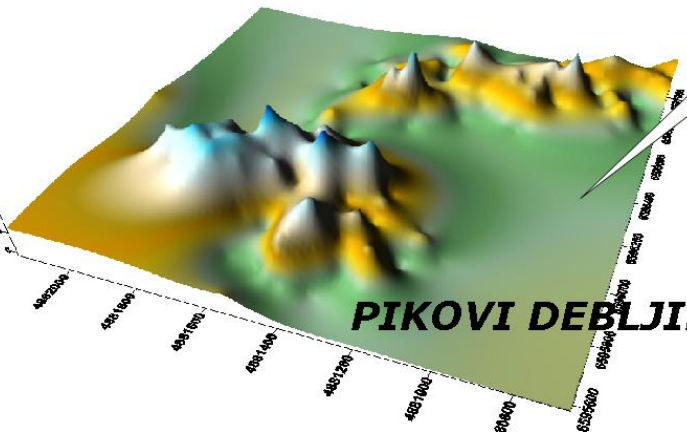
**KONSTRUKCIJA NA KARTI I GEOMETRIZACIJA DEBLJINE MINERALNOG RESURSA BOKSITA NA LOKALITETU "PODBRAČAN" I "BRAČAN"**

### GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA DEBLJINE MINERALNOG RESURSA (BOKSIT)

TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING

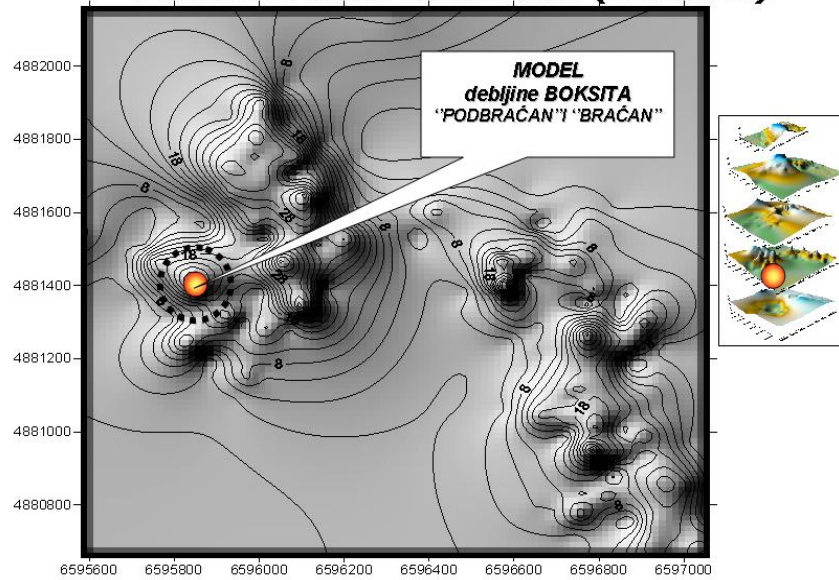


KONSTRUKCIJA MOĆNOSTI BOKSITA "PODBRAČAN" I "BRAČAN"



### PIKIVI DEBLJINE BOKSITA

## GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA DEBLJINE MINERALNOG RESURSA (BOKSIT)

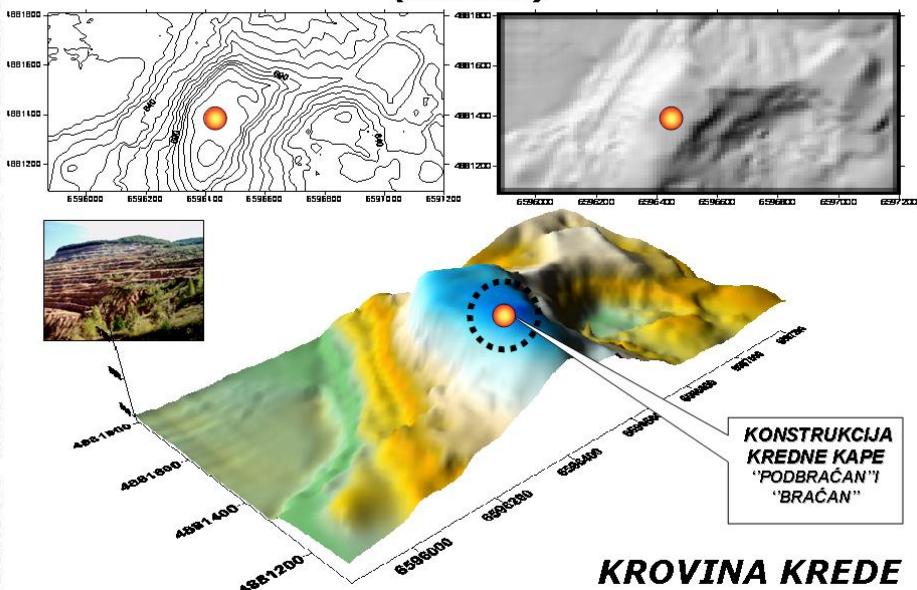


**PIKOVI DEBLJINE BOKSITA**

**KONSTRUKCIJA NA KARTI I GEOMETRIZACIJA**  
**KREDNE KAPE NA LOKALITETU**  
**“PODBRAĆAN “ I “BRAĆAN “**

## GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA STRATIGRAFIJE (KREDA)

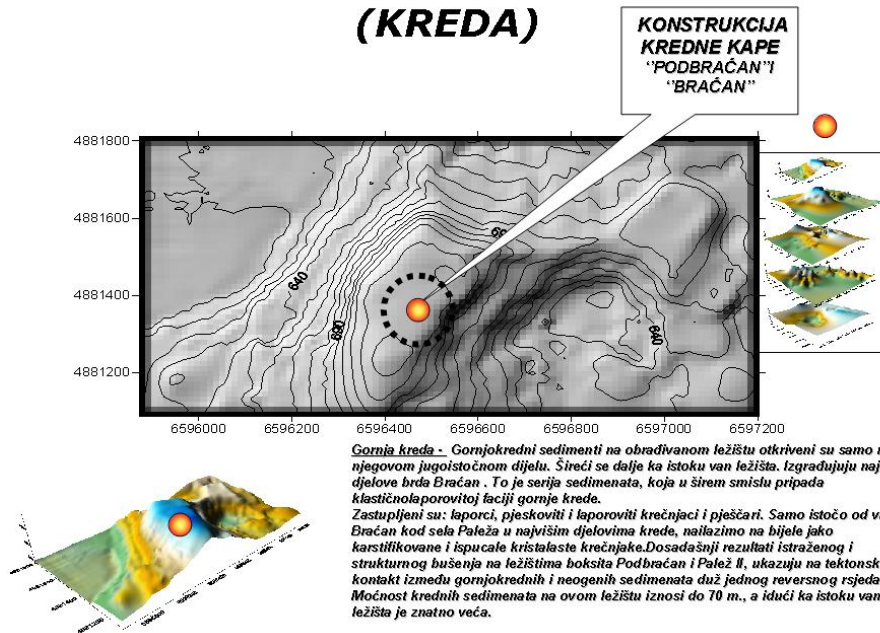
TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING



**KROVINA KREDE**

## GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA STRATIGRAFIJE (KREDA)

TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING



*Gornja kreda - Gornjokredni sedimenti na obrađivanom ležištu otkriveni su samo na njegovom jugoistočnom dijelu. Šireći se dalje ka istoku van ležišta. Izgrađujuju najviše djelove brda Bračan . To je serija sedimentata, koja u širem smislu pripada klastičnolaporovitoj faciji gornje krede.*

*Zastupljeni su: laporci, pjeskoviti i laporoviti krečnjaci i pješčari. Samo istočno od vrha Bračan kod sela Paleža u najvišim djelovima krede, nailazimo na bijele jako karstifikovane i ispucale kristalaste krečnjake. Dosadašnji rezultati istražnog i strukturnog bušenja na ležištima boksita Podbračan i Palež II, ukazuju na tektonski kontakt između gornjokrednih i neogenih sedimentata duž jednog reversnog rjsjeda. Moćnost krednih sedimentata na ovom ležištu iznosi do 70 m., a idući ka istoku van ležišta je znatno veća.*

**KONSTRUKCIJA NA KARTI I GEOMETRIZACIJA**  
**KVALITETA MINERALNOG RESURSA-BOKSIT**  
**LOKALITETU "PODBRAČAN" I "BRAČAN"**

TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING

**Hemijske komponente u**  
**BEMITSKIM BOKSITIMA (in wt-%)**

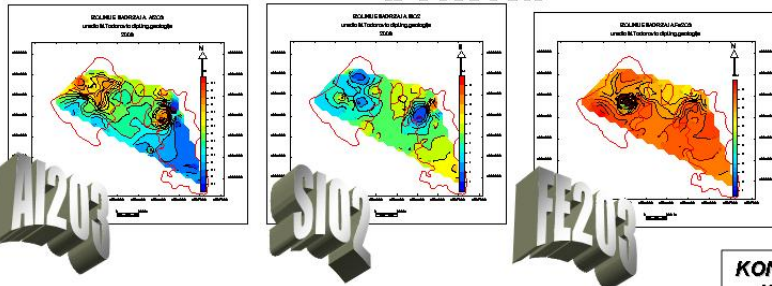


KONSTRUKCIJA  
 IZOLINJA  
 KVALITETA  
 BOKSITA  
 "PODBRAČAN"  
 "BRAČAN"  
 -AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 -SiO<sub>2</sub>  
 -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

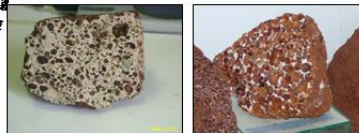
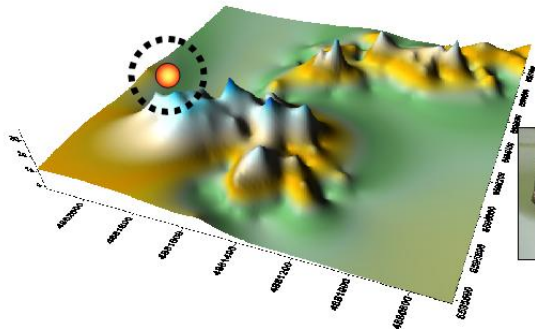
- 54.02 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 4.17 SiO<sub>2</sub>
- 27.28 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 2.84 TiO<sub>2</sub>
- 0.07 CaO
- 11.38 GŽ

**GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA kvaliteta**  
**boksita**

TODOROVIC MIROSLAV / GEOLOGY ENGINEERING



KONSTRUKCIJA  
 KVALITETA  
 BOKSITA  
 "PODBRAČAN"  
 "BRAČAN"  
 -AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 -SiO<sub>2</sub>  
 -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



## 5. ZAKLJUČAK

Prema tome možemo zaključiti na osnovu izloženog, da je geometrizacija mineralnih resursa i istraživanja, rezultat potrebe naučnog ispitivanja složenih procesa sa gledišta njihovog uklapanja u organizaciju cjeline, primjenom matematičkih kvantitativnih metoda, kojima se najlakše može da optimira rješenje, a u cilju što boljih rješavanja u donošenju odluka pri geološkim istraživanjima mineralnih resursa.

Geometrizacija mineralnih resursa je jedan od važnih činilaca pri geološkom modeliranju rudnog tijela za određivanje **prognozno strategijskog plana eksploatacije**.

## LITERATURA

1. Arhangel'skiĭ A. (1937): Tipi bokritov SSSR-i ih genezis Maskva.
2. Jeremić M. (1964): Istraživanje ležišta mineralnih sirovina, Tuzla.
3. Čičić S. (1968): Geološki sastav i tektonika između rijeka Drine, Sapne i Tavne – Istočna Majevi, Geološki glasnik br. 12, Sarajevo.
4. Katzer F. (1926): Geologija BiH, Sarajevo.
5. Živaljević T. (1962): Izvještaj o izvršenim istražnim radovima i utvrđenim rezervama A + B kategorije na ležištu »Palež« kod Vlasenica za 1961. godinu, Sarajevo,
6. Ranković M. (1963): Rudne parageneze u oblasti Srebrenice /Istočna Bosna/, Geološki glasnik, posebno izdanje, Sarajevo,
7. Todorović M. (2003): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi crvenih boksita na ležištu »Crvene Stijene« kod Milića, AD "Boksit" – Milići,
8. Todorović M. (2003): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi crvenih boksita na ležištu »Podbraćan«, AD "Boksit" – Milići,  
FSD RUDNIKA BOKSITA MILIĆI

# POSTORNI GEOINFORMACIONI SISTEM MINERALNOG RESURSA RUDNIKA

*Todorović M.<sup>2</sup>, dr.Arsenović ž.<sup>1</sup>*

<sup>2</sup> AD,„BOKSIT,,- Milići, Republika Srpska BiH

<sup>1</sup> D.O. „CTU-IPKIN,,-Bijeljina, Republika Srpska BiH

***Ključne riječi:*** mineralni resurs, geoinformacioni sistem, upravljnje bazamama podataka eksploatacija, metode istraživanja

## SAŽETAK

*U radu je dat pregled informacionog sistema rudnika koji je projektovan sa namjerom arhiviranja baze geoloških i rudarskih podataka te praćenje eksploatacije kao osnova za razvoj rudnika. Ispitivanja koja nam govore kako geološka, rudarska istraživanja, planiranja i programiranja imaju veliki značaj kao informacija koja bi uputila u dalji tok istraživanja i eksploatacije ( u toku eksploatacije ) da bi se obezbjedio što veći stepen iskorštenja mineralnog resursa.*

*Svi pomenuti parametri su posmatrani i analizirani u skladu sa do sada poznatim i najsavremenijim proučavanjima i metodama koji regulišu ovu problematiku.*

*U ovom radu je prikazana struktura baze podataka kao osiova za razvoj rudnika, stoga su u radu kritički razmotrne prednosti i nedostaci ovakvog načina modeliranja geoloških i rudarskih podataka, odoasio koji bi se odnosio na tehnologije i njihova primenljivost. Ideja svega je razvijanje modela arhiviranja i rudarskih i geoloških podataka kao informacije i njena pojava, treba da nam predoči kolika je njena važnost i koliko utiče na efikasnost i budućnost eksploatacije .*

## 1. UVOD

*Pred čovjekom, u njegovoj svakodnevnoj djelatnosti, stalno se postavlja problem u odlučivanju o sledećem koraku u postupku. Ukoliko je odlučivanje u prošlosti bilo zasnovano na naučnim osnovama i zadovoljavalo prošlost, takvo odlučivanje bilo bi opravdano i u budućnosti, ukoliko se radi o jednostavnim slučajevima. Za razliku od jednostavnih slučajeva, postoje takvi problemi kod kojih se odluke ne mogu donijeti bez prethodne pripreme, obrade i korišćenja novih naučnih saznanja. Ostaje i dalje mogućnost da se i u složenim problemima odluka donese intuitivno, oslanjajući se samo na iskustvo i zdrav razum, ali je mala vjerovatnoća da će takva odluka biti najbolja.*

*Međutim, u složenim poduhvatima kao i u onim koja angažuju velika finansijska sredstva i materijalna bogatstva, ne može se dopustiti takva sloboda u odlučivanju. U složenim poduhvatima sve veću ulogu i značaj imaju naučne metode, tehnika i sredstva koja omogućavaju da se unaprijed procijene posljedice svake odluke, i da se odbace nepovoljne a preporučene najpogodnije varijante.*

*Geološkim i rudarska istraživanjima nazivamo svaku od mjera, ili sistem akcija, koje su objedinjenje jednom idejom, a usmjerene su na postizanje određenog cilja. Geološka i rudarska istraživanja su mjere upravljanja. Od nas zavisi izbor parametara, koje karakterišu način sprovođenja i organizaciju geoloških i rudarskih istraživanja.*

*Prema tome, geološka i rudarska istraživanja su djelo svjesne odluke ljudskog uma, pa možemo zaključiti na osnovu izloženog da su geološka i rudarska istraživanja rezultat potrebe naučnog ispitivanja složenih procesa sistema mašina – čovjek, sa gledišta njihovog uklapanja u organizaciju cjeline, primjenom geoloških i rudarskih metoda, kojima se najlakše može da optimira rješenje, a u cilju naučnog zasnivanja donijetih odluka.*

*Tema ovog rada je da se dokaže zavisnost i uticaj na projektovanu eksploataciju pojavom tektonike i da li naučna saznanja (geološko-ekonomska ocjena) mijenjaju smjer istraživanja eksploatacije.*

*Ovako saznanje geološke informacije i njena pojava, treba da nam predoči kolika je njena važnost i koliko utiče na efikasnost i budućnost eksploatacije. ..*

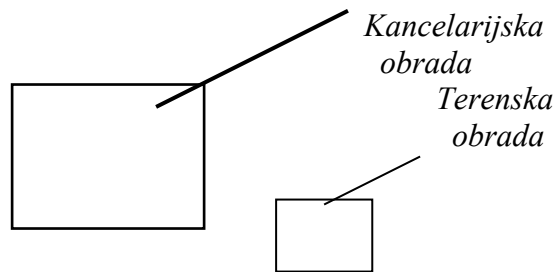
## 2. STATISTIČKI ZNAČAJ KOD PROSTORNOG GEOINFORMACIONOG SISTEMA MINERALNOG RESURSA RUDNIKA

(značaj po dokazanim modelima)

Veza podataka lokacije GEOINFORMACIONOG proučavanja  
(slike, grafički presjeci, topografske osnove, inženjersko geološke sredine, itd.)

Taj teret geoinformacionog istraživanja je od velikog značaja kod modeliranja funkcija i kreće se do pronalaska sadržaja opisanih i selektovanih podataka najvišeg kriterija.

### VEZA PODATAKA



1/ PROSTRANSTVO KOD  
KOJE JE se PROUČAVA  
GEOINFORMACIONI  
SISTEM MINERALNOG RESURSA  
RUDNIKA

2/ PROSTOR KOD OBRADJENIH  
PODATAKA UKLJUČUJUĆI  
I UNUTRAŠNJE KRITERIJE

3/ OBLAST OD ZNAČAJNOG KRITERIJA



### Ciljevi i koncepcija rada

Kao što se može uočiti iz prethodne tačke cilj ovog rada je da se u dogledno vreme pokuša obezbediti kvalitetne količine informacija iz preostalih delova ležišta predinsponiranih za površinsku i podzemnu eksploataciju.

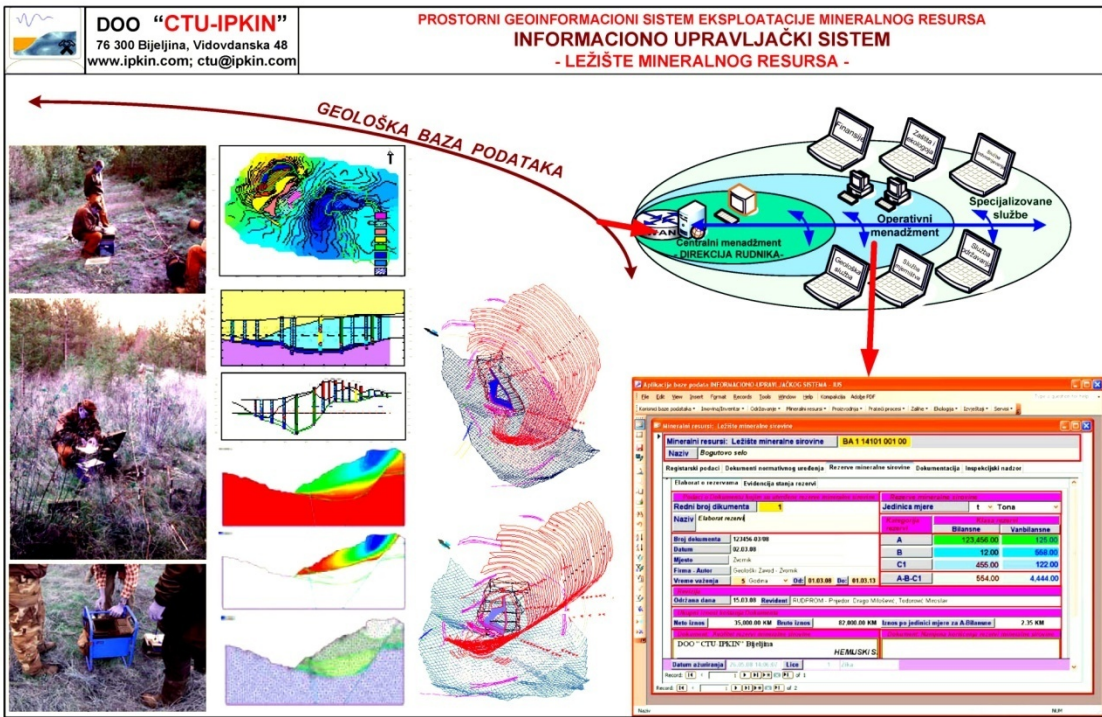
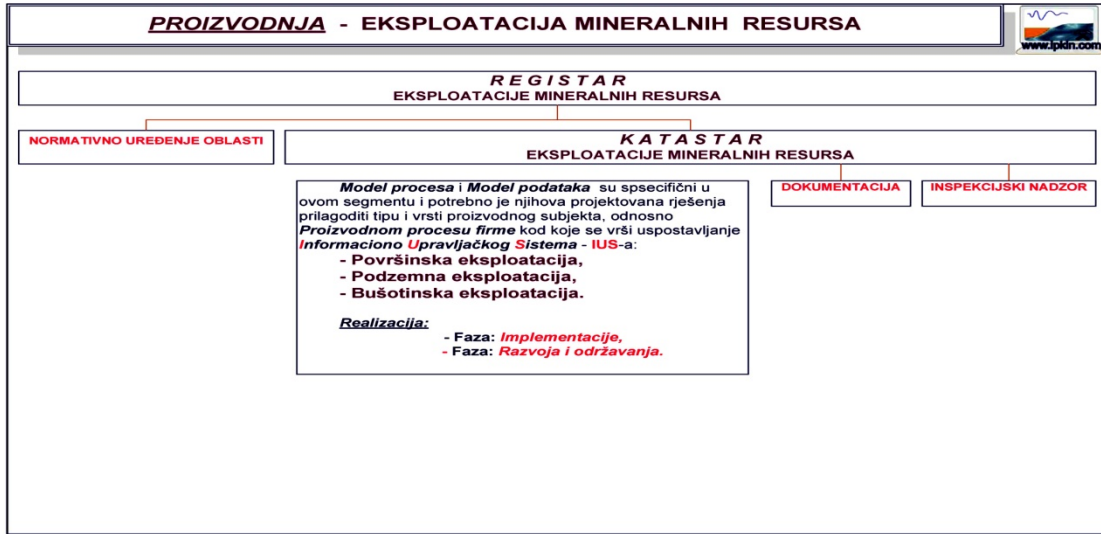
U koncepciji rada je zamišljeno da se sprovedu takva tehničko-tehnološka rešenja koja bi zadovoljila sledeće ciljeve:

1. - Kontinuitet proizvodnje eksploatacije shodno razvojnom programu rudnika;
2. - Osvajanje, moglo bi se reći, do sada ne korišćenog vida eksploatacije (podzemne eksploatacije) koji će biti i osnovni vid u bliskoj budućnosti proizvodnje rudnika;
3. - Fleksibilna i savremena tehničko-tehnološka rešenja daljeg otkopavanja rude;
4. - Ekonomski opravdanu proizvodnju mineralnog resursa.

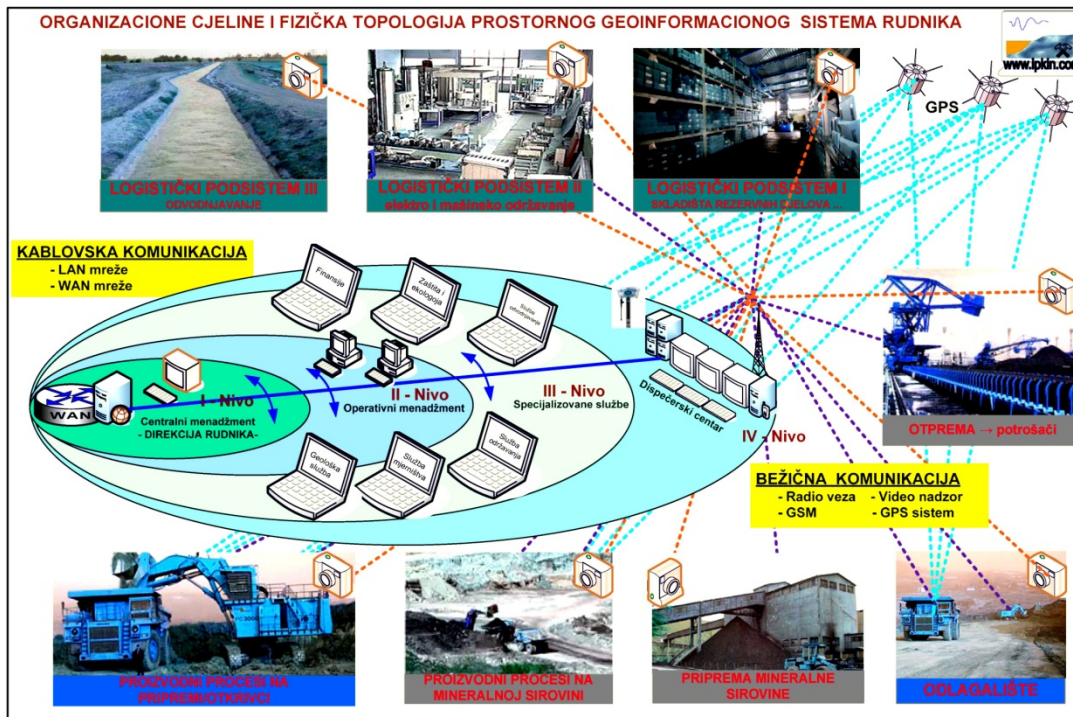
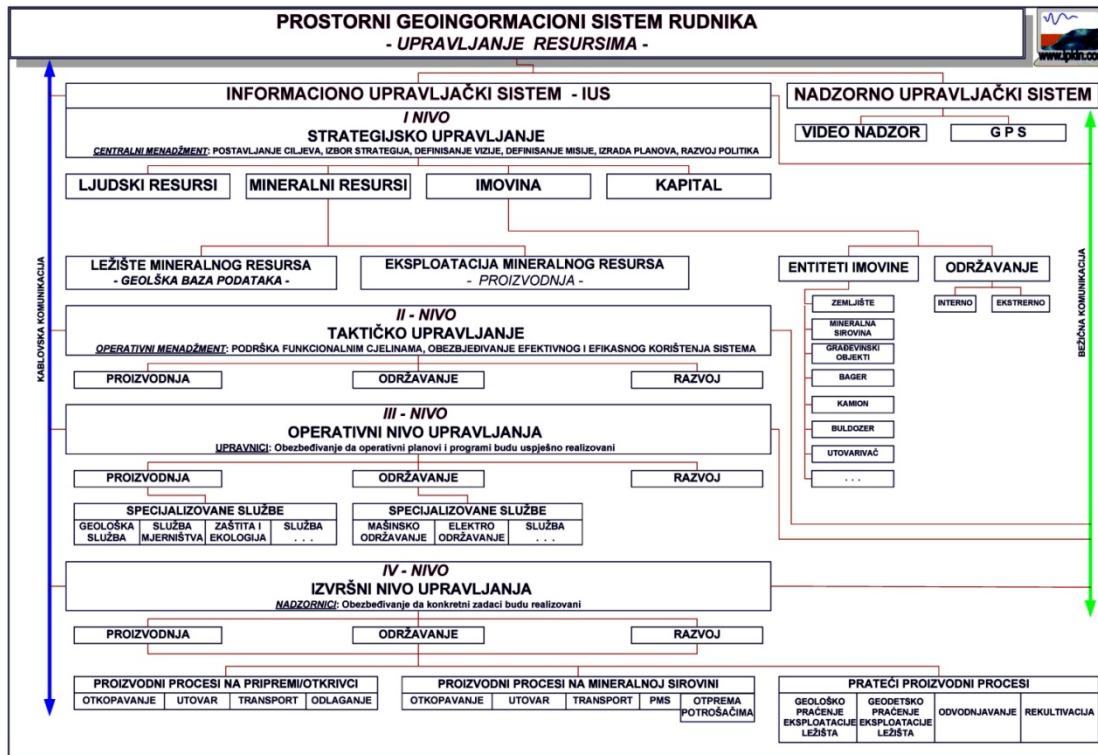


### 3. SPECIJALNI DIO

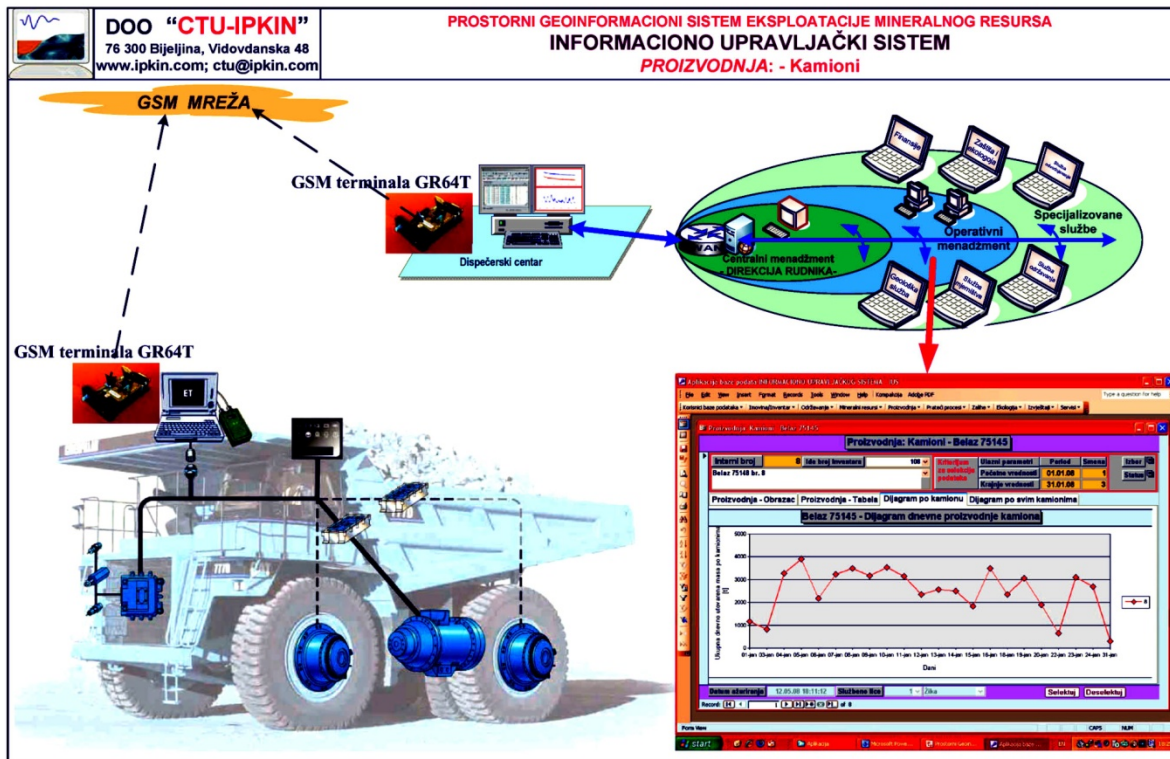
#### OPIS I SELEKTOVANJE INFORMACIONIH PODATAKA GEOLOŠKA INFORMACIJA RUDARSKA INFORMACIJA



# 4. KONSTRUKCIJA U INFORMACIONOM SISTEMU



# 4.1. INFORMACIONO UPRAVLJAČKI SISTEM

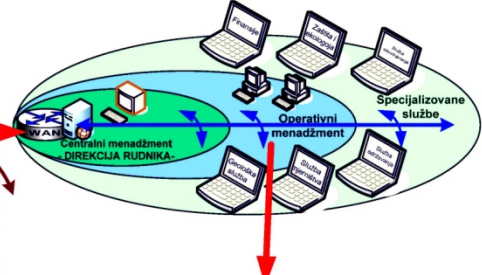
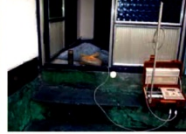




DOO "CTU-IPKIN"  
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48  
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

PROSTORNI GEOINFORMACIONI SISTEM EKSPLOATACIJE MINERALNOG RESURSA  
INFORMACIONO UPRAVLJAČKI SISTEM  
- EKOLOGIJA -

NEGATIVNI UTICAJI PRIMJENJENIH TEHNOLOGIJA  
U EKSPLOATACIJI MINERALNOG RESURSA NA ŽIVOTNU SREDINU



Ekologija: Normativna uređenja objekata

Ekologija: Identifikacioni broj subjekta BA 1 14103 01

Naziv Rudnik / termoelektrana Gajevak

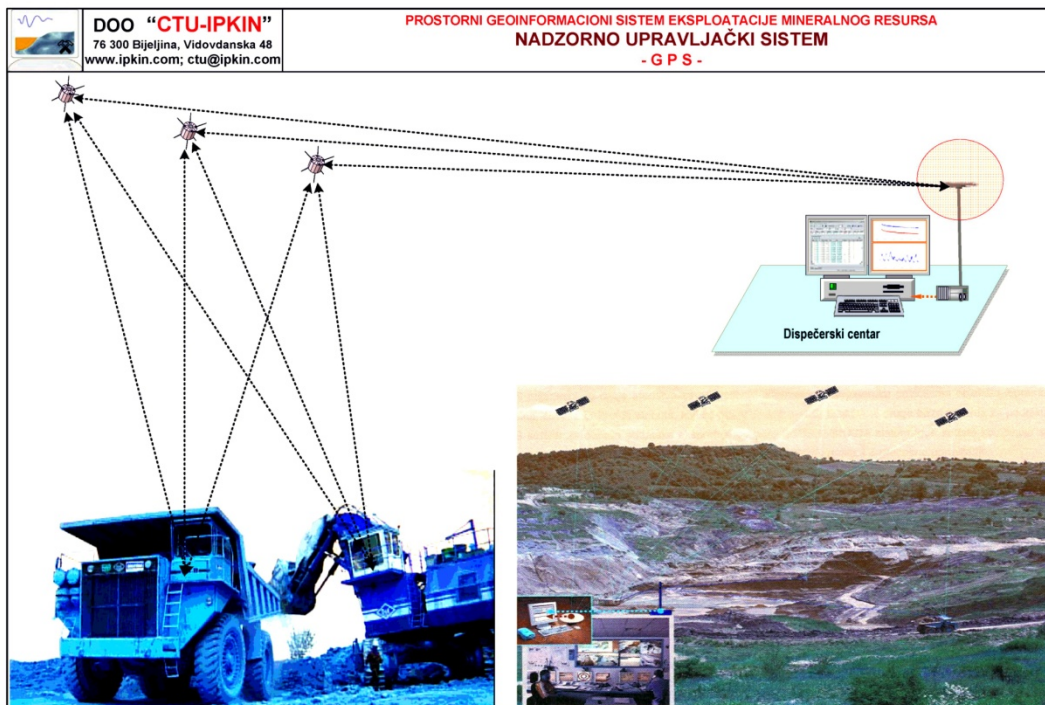
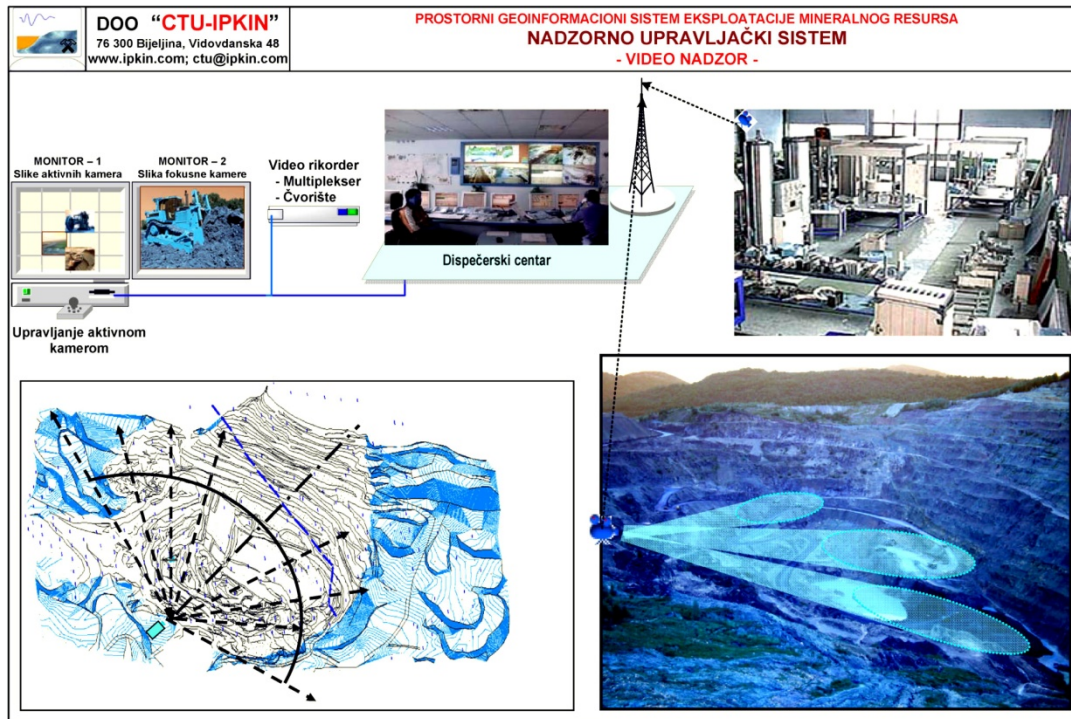
Dokument normativnog uređenja: Utičaj na životnu sredinu, Mjere zaštite, Dokumentacija, Inspeksijski nadzor

Redni broj	Ekološka dozvola
Buduća izdavanja	Ekološka dozvola za eksploataciju mineralne sirovine merki ugaj
Kategorija	3111 - Obavijesti - Završni akt
Vrsta	3221 - Doprinos
Redni broj dokumenta	3011 - Priloga uzakona, Ustavna
Broj dokumenta	OPF 05 23 1013 2 06
Datum izdavanja	26.10.06
Mjesto izdavanja	Uvjetnik
Organ izdavanja	Ministarstvo za prostorne uređenje, građevinarstvo i ekologiju
Vrijeme važenja	5 Godina

Datum odobrenja: 26.10.06 15:11:26

Datum odobrenja: 26.10.06 15:11:26

## 4.2. NADZORNO UPRAVLJAČKI SISTEM



## PODATAK

SLIKA I PRIKAZANI PAREMETRI

## REZULTAT KALKULACIJE

- KOEFICIJENT ILI UTICAJ NA FAKTOR EKSPLOATACIJE
- AUTOMATSKA ANALIZA EKSPLOATACIJE

## POSTOJEĆA INFORMACIJA PROSTORNOG GEOINFORMACIONOG SISTEMA MINERALNOG RESURSA RUDNIKA

1/ KONSULTACIJA

2/ PRIMJENA INFORMACIJE I NJENA EFIKASNOST

3/ RENTABILNOST I OCJENA PRIHVATLJIVOSTI EKSPLOATACIJE

## 5. TEDENCIJA KOD PROSTORNOG GEOINFORMACIONOG SISTEMA MINERALNOG RESURSA RUDNIKA

### Područja djelovanja glavnih ciljeva PGSE-2008 mineralne sirovine

model PGSE-2008 min.resursa

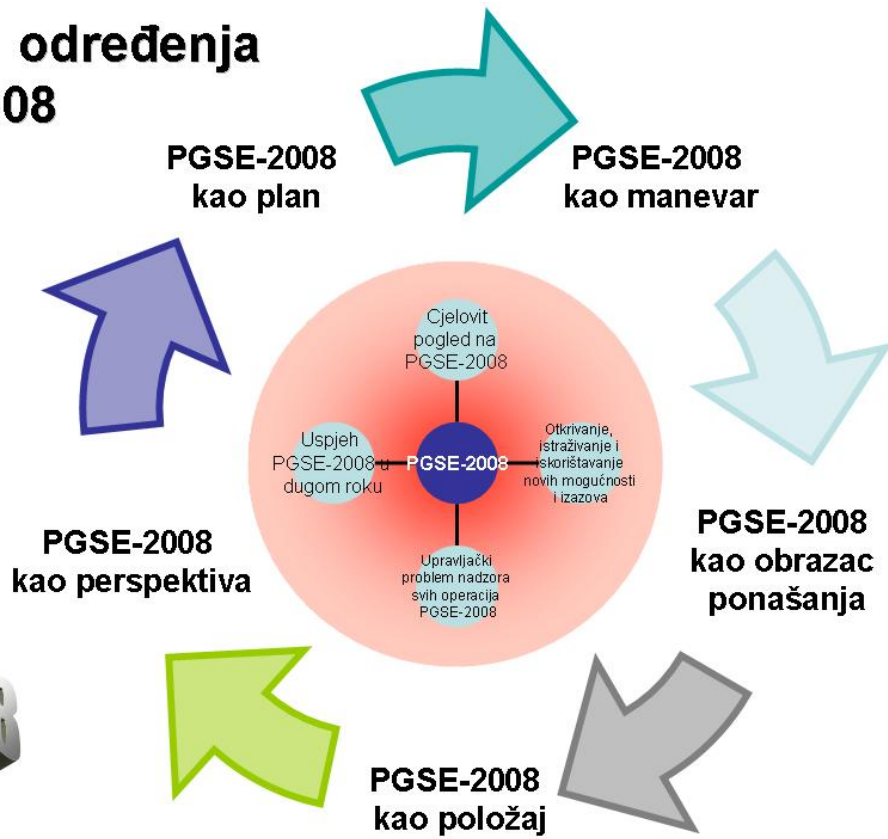


2008

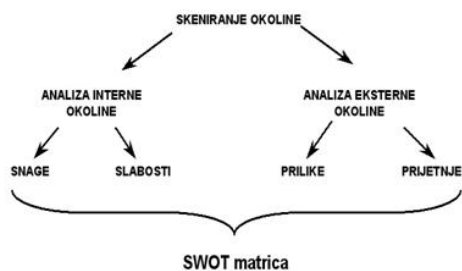
# Problem određenja PGSE-2008

*model PGSE-2008 min.resursa*

**2008**



## PGSE-2008 i SWOT analiza



	Snage (S)	Slabosti (W)
Prilike (O)	<b>SO PGSE-2008</b> iskoristiti snage kako bi se iskoristile prilike	<b>WO PGSE-2008</b> iskoristiti prilike nadilazeći slabosti ili ih učiniti nebitnima
Prijetnje (T)	<b>ST PGSE-2008</b> iskoristiti snage kako bi se izbjegle prijetnje	<b>WT PGSE-2008</b> minimalizirati slabosti i izbjeći prijetnje

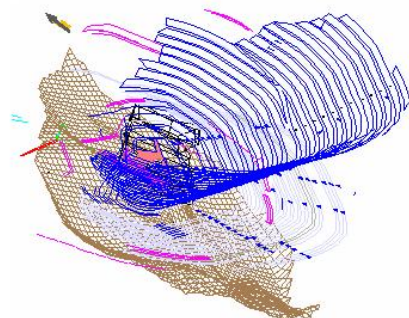
2008



# Temeljne odrednice profitabilnosti PGSE-2008

model PGSE-2008 min.resursa

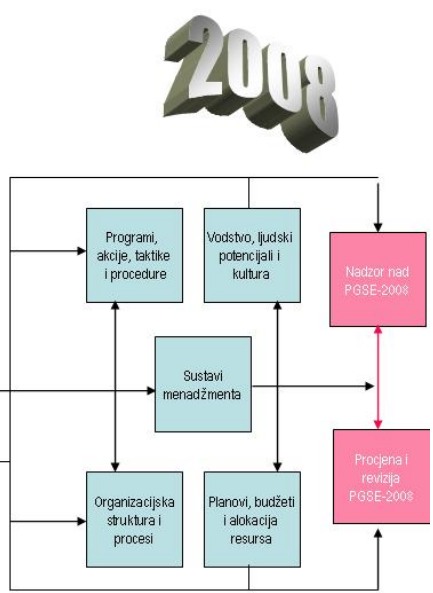
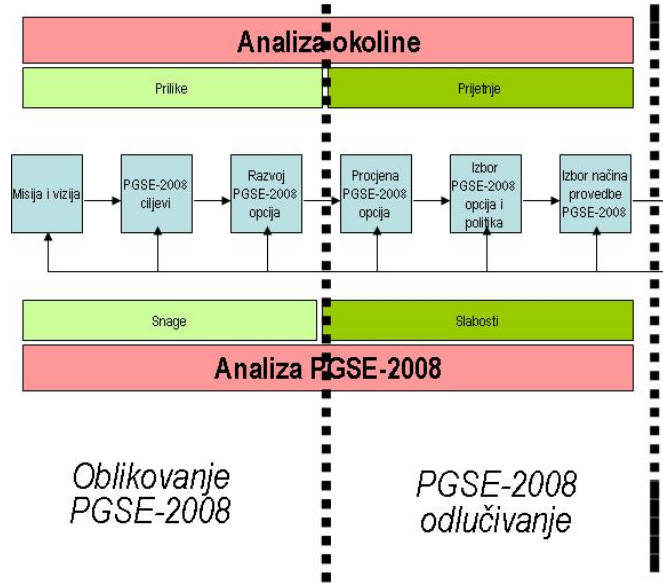
- Zajednička obilježja PGSE-2008
  - Stopa rasta potražnje
  - Ukupan potencijal proizvodne diferencijacije
  - Tehnološki aspekti
- Obilježja PGSE-2008 ( cijelina )
  - Jačina zapreka mobilnosti
  - Pregovaračka moć
  - Osjetljivost na supstitute
  - Izloženost suparništvu drugih cijelina
- Položaj PGSE-2008 unutar cijeline
  - Nivo konkurencije u cijelini
  - Relativna veličina operacija
  - Troškovi ulaska u PGSE-2008 u cijelinu
  - Sposobnost PGSE-2008 za implementaciju svoje strategije



2008

# Proces PGSE-2008 menadžmenta

model PGSE-2008 min.resursa



Implementacija PGSE-2008

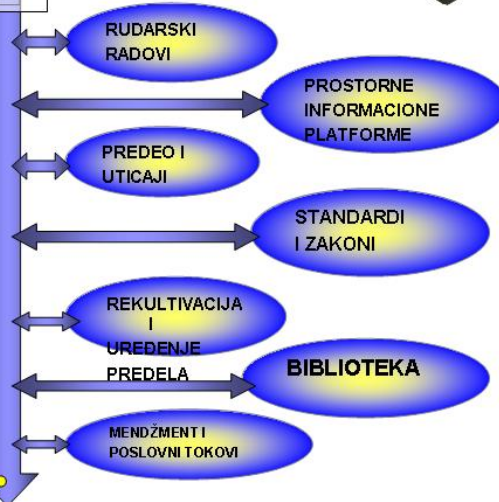
# FUNKCIONALNA ARHITEKTURA U RUDARSTVU I GEOLOGIJI



IZVEDBENI PROJEKAT  
PROSTORNI GEOINFORMACIONI SISTEM  
MINERALNIH SIROVINA  
- PGSE-2008 Mineralnih sirovina -



*model PGSE-2008 min.resursa*



## **ZAKLJUČAK**

*Na osnovu rezultata dobivenih istraživanjem može se zaključiti da ovaj rad daje sve relevantne pokazatelje iz domena geoloških i rudarskih istraživanja kao i njene efekte .*

*Dalja PGSE-2008 istraživanja mijenjaju smjer kod naučnih saznanja, geološko-ekonomske ocjene i ona se usmjeravaju ka determinaciji ekonomskoj profitabilnosti eksploatacije rudnog tijela.*

- *Na ležištu PK,,Podbraćan,, pored gore navedenog u ovom radu je ukazana potreba za rješavanje složenih procesa buduće eksploatacije boksita.*
- *Ovim radom je obrazloženo da postojeća početno tehnička dokumentacija mijenja smjer i da je potrebna nova dokumentacija jer su se stvorili novi uslovi eksploatacije a u cilju da obezbjedi što veći stepen iskorištenja dokazanih rezervi.*
- *Nalazi i ispitivanja u ovom radu nam govore kako PGSE-2008 istraživanja,planiranja,programiranja imaju veliki značaj kao informacija koja bi uputila u dalji tok istraživanja kako bi se obezbjedio što veći dio iskorištenja mineralne sirovine.*

*Svi pomenuti parametri su posmatrani i analizirani u skladu sa do sada poznatim najsavremenijim principima i metodama koji regulišu ovu problematiku.*

*Na kraju, ponuđeni način INFORMACIONO UPRAVLJAČKOG SISTEMA na PK,,Podbraćan,, će biti neka vrsta eksperimenta, koji kad se pokaže kao opravdan, ima svoju apsolutnu perspektivu i mogućnost primjene na ostalim lokalitetima.*

## **LITERATURA**

1. Ranković M. (1963): Rudne parageneze u oblasti Srebrenice /Istočna Bosna/, Geološki glasnik, posebno izdanje, Sarajevo,
2. Todorović M. (2003): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi crvenih boksita na ležištu »Podbraćan«, AD "Boksit" – Milići, FSD RUDNIKA BOKSITA MILIĆI

# RUDARSKI MENADŽMENT U ULOZI INVESTICIONOG CIKLUSA RUDARSKOG PREDUZEĆA

mr. sci Hamid Begić, dipl.ing.

## SAŽETAK:

Prema mnogim teoretičarima „menagement je veoma kompleksan pojam a odnosi se na : proces,nosioce određenih funkcija,vještinu,načinu disciplinu i profesiju, a ponekad i na funkciju preduzeća.

Danas postoje različita shvatanja i definisanja pojma menadžmenta od strane različitih autora i kritičara. Međutim ipak, najveći broj autora prihvaća procesni aspekt definisanja menadžmenta, jer je on istovremeno bazičan i najkompleksniji. Zbog toga Kontz/Weihrich definiše menagement kao „ proces oblikovanja i održavanje okoline u kojoj pojedinci, radeći zajedno u grupama, efikasno ostvaruje odabrane ciljeve“.<sup>1</sup> Drugi autori, međutim, smatraju da je menagement samo vještina postizanja nečeg učinjenog putem drugih osoba“, oni smatraju da je menadžer ličnost koja alocira ljudske i materijalne resurse, te usmjerava operacije u preduzeću.

U uslovima makro tržišne ekonomije , u čijoj ekonomskoj orbiti se nalazi i prostor tržišta Bosne i Hercegovine, rudarski menadžment, u domaćim rudarskim preduzećima, ima obavezu, prilagoditi svoju strategiju poslovanja, uslovima djelovanja sila koje vladaju u makro tržištu.

Dakle, u Bosnio i Hercegovini, tradicionalnoj zemlji rudarenja , u uslovima i ambijentu tranzicije kapitala, menadžment u rudarskim preduzećima, projecira jedinstven strateški cilju, a to je lociranje materijalnih i ljudskih resursa u cilju maksimalnog ostvarenja profita, te zadovoljavanju zahtijeva tržišta, kao i motivacije uposlenih u organizacionoj strukturi kompanije.

Bez obzira, na teoretske pristupe definisanja menadžmenta i zakonnskih okvira iz oblasti rudarstva, različite su startne pozicije novoformiranih rudarskih kompanija u odnosu na tradicionalne.

Ovaj rad ima za cilj da da svoj doprinos menadžerima u rudarstvu BiH-e, sa aspekta u shvatanja rudarskog menadžmenta i značaja rudarskog menadžmenta u integrativnom razvoju Bosan i Hercegovine.

**Ključne riječi ; menadžment, funkcije menadžmenta, menadžment u rudarstvu, resursi.**

## SUMMARY:

According to many theoreticians "menagement is a very complex concept applies to be on: the process, nosioce certain functions, skill, discipline and way of careers, and sometimes the function of enterprises.

Today Postoj different shvatanja and definisanja term management of different sides of the author and critic. However However, the largest number of author accepts processing ASPEK definisanja management, because he is also alkaline and najkompleksniji. As a result, Kontz / Weihrich defined management as "the process of formation and maintenance of the environment

---

\*Mr.ecc.Hamid Begić dipl.ing. geologije

<sup>1</sup> )H.Weihrich & H.Koottz,“Menadžment“ prevod A.Andrića, Mate“ Zagreb,1994.,str.4.

or which individuals, working together or groups, effectively achieving selected goals." In other authorities, however, believe that the only management skills to achieve something učinjenog through other persons, "they believe that the manager personality that alocira human and material resources, you directs operations or kompanija.

In the macro market conditions Economy, or whose economic orbit is located and space markets Bosnia and Herzegovina, mining management, or domestic rudarskim enterprizes, has an obligation, adjust their business strategy, conditions action force that rule or macro market. So, or Bosnian and Herzegovina, traditional country rudarenja, or ambient conditions and tranzicije Kapital, management or rudarskim enterprizes, projecira Unity strategic goal, it's a situation of material and human Resource or the goal of achieving maximum profit, you satisfying the market requires, as well as the motivation of employees organizacionoj or the structure of the company.

Regardless, the theoretical approaches definisanja management and zakonskih frame from the field rudarstva, its different starting positions novoformiranih mining company or a traditional relationship. This article aims to contribute to their managers or mining BiH, with Aspekta or shvatanja rudarskog management and the importance rudarskog management or development integrativnom Bos and Herzegovina.

**Key words; management, asset management functions, management or mining, resources.**

## **1. MENADŽMENT U RUDARSTVU**

### **1.1. Rudarski menadžment u teoriji i praksi**

Menadžment je završna funkcija i u ekstraktivnoj industriji. Cilj menadžmenta je izabrati najefikasniji i najekonomičniji način vođenja poslovne politike i poslovanja preduzeća. Grupa američkih inženjera u jednom od svojih izvještaja navodi definiciju, po njoj je rudarski menadžment „vještina i nauka u pripremi, organizaciji i upravljanju ljudskim naporima za kontrolu sila i korištenje prirodnih materijala za dobrobit čovjeka.“<sup>2</sup> Osnovni elementi kojima manipuliše menadžment rudarskog preduzeća su: rude, ljudi, metode, modeli, mašine, novac, materijal i tržište. Menadžment je odgovoran za eventualno neracionalno korištenje ovih elemenata.

Postoje različite teorije rudarskog menadžment. Jedan od teoretičara, Oliver Sheldon, postavio je odnos menadžmenta prema administraciji i organizaciji, prema, pa smatra da je „organizacija formiranje jedne efikasne mašine, menadžment je njen efikasni izvršilac, a administracija je njena efikasna uprava“<sup>3</sup>. Dakle, administracija određuje organizaciju, a menadžment je koristi; administracija definiše ciljeve, dok menadžment njima teži. Prema tome, organizacija je „mašina menadžmenta“ za postizanje ciljeva koje je odredila administracija. Po engleskom naučniku L.J. Barleju ovaj koncept je „naučna reorganizacija industrije sa ciljem da se postigne maksimalna profitabilna proizvodnja roba i viši standard živopta za zajednicu bez eksploatacije bilo koje klase“.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> O.Sheldon, The Principles of Scientific management in mining; Stanford University press, 1994., str.415.

<sup>3</sup> O.Sheldon, The Principles of Scientific management in mining; Stanford University press, 1994., str.416.

<sup>4</sup> O.Sheldon, The Principles of Scientific management in mining; Stanford University press, 1994., str.417.

Primjenom inženjering metoda-u problemima menadžmenta nastupio je razvoj tehnike koje se različito nazivaju, kao:“naučno rukovođenje“, „industrijsko inženjerstvo“,“proizvodno inženjerstvo“. Efikasnost rudarskog menadžmenta mjeri se odnosom dobivenog profita prema ukupnim ovlaštenjima koja su data menadžmentu. Razlika ova dva faktora čini ekonomski uspjeh ili neuspjeh. Svaki neuspjeh u rudarskoj industiji direktno se pripisuje nefikasnosti rudarskog menadžmenta. Odbor saveznih američkih inženjerskih društava procijenio je da je neefikasan menadžment odgovoran za 50 do 80 % gubitka u svim industrijama, i sobzirom na rizičnost rudarske industrije, možese pretpostavit da je ova ocjena i rigoroznija. Po njima, ukoliko se drugim elementima projekta doda faktor čovjek, inženjerska metoda je najbolja tehnika za integraciju problema efikasnosti rukovođenja i upravljanja u preduzeću.

Menadžer rudnika, u okviru ovlaštenja rukovodioca, koristi ista znanja kao i rukovodilaci svakog drugog preduzeća. Dakle, menadžmet rudnika biće ozbiljno ograničen ako dobro nerazumije posebne teškoće sa kojima će se susrti u datom poslu. Prema tome, ljudi u upravljanju proizvodnjom trebali bi da budu upotpunosti svjesni svih faktora u rudarskom poslovanju koji mogu dovesti do gubitka i neefikasnosti. Rudarska proizvodnja zahtijeva efikasnije upravljanje nego bilo koja druga industralizacija, jer su, pored svih rizika u proizvodnim industrijama,rudarski poslovi opterećeni i specijalnim vizijama koje mogu uzrokovati velik gubitak vremena,novca,resursa, i dr.

Rizici u rudarstvu su uglavnom prouzrokovani poteškoćama u aktiviranju mineralnih ležišta, koja se često na nepravilan način locirana u Zemljinoj kori ili stalno prijete faktori iznenađenja. Dakle,rizici se odražavaju na sigurnost i ekonomičnost eksploatacije, te preradu ruda, strukturu troškova u cijenama proizvoda i upotrebi obimnih radova na otvaranju i instaliranju velikih postrojenja prije nego što se počne ostvarivati profit od prodaje proizvoda. Prema tome, dugačak je vremenski period od faze pripreme i otvaranja rudnika do faze eksploatacije mineralne sirovine. Ukoliko se ovi rizici ne predopostave i ne obezbijedi njihovo prevazilaženja , mogu se očekivati finasijske neefikasnosti, pa čak i bankrot kompanije. Postrojenja na površini zemlje se nemogu locirati po izboru, kao što je to slučaj sa fabrikom, izbor lokacije za preradu rude je poželjan u neposrednoj blizini rudnika,bez obzira na poteškoće na udaljenosti. Gotovo svi rudnici su izvan urbanih područja kojima nedostaju mnoge pogodnosti civilizacije, te je menadžment rudnika često odgovoran za napredak čitave lokalne samouprave, dakle,njen infrastrukturni i drugi razvoj.

Prosječan rudarski radnik obično je osoba sa nižim obrazovanjem,a nekada i nestabilne naravi,te će, prije ili kasnije,doći do teških disciplinskih situacija u toku rada. Preema tome, mali je broj problema sa kojima se rudarski menadžment treba suočiti da bi postigao efikasnost poslovanja. Iz tog se može zaključiti da rudarski menadžment treba suočiti da bi postigao efikasnost poslovanja. Iz ovog se može zaključiti da rudarski menadžment može postići znatno veću efektivnost ukoliko dobro poznaje i razumije principe menadžmenat, jer će time amortizovati mnoge troškove koje su u prošlosti slabili rudarsku industriju. Jedan čovjek ne može preuzeti sve menadžerske funkcije, bez obzira na veličinu rudnika,te prenosi dio svojih poslova na podređene dajući im dovoljno ovlaštenja koja im osiguravaju kvalitetnu kreativnost funkcija za koje se smatraju odgovornim.

## 1.2. Tipovi organizacije rudarskog preduzeća

Rastom toka ekstraktivne industrije razvilo se više vrsta njene organizacije. U radu navode se samo najčešći tipovi organizacije.

Prvi od tipova organizacije jeste tip razvojne organizacije rada u rudarskim preduzeću, kojim se utvrđuje razvoj po odjeljenjima iz kojih je proizvodna snaga podjeljena u odvojene jedinice u skladu sa različitim tehničkim postupcima koje treba obuhvatiti. Dakle, menadžer treba da postavi jednu organizaciju za svako odjeljenje. Nedostaci ovakvog izbora organizacije se manifestuju u mogućem neskladu među pojedinim odjeljenjima zbog nedovoljne saradnje pojedinih odjeljenja do dupljanja radova i funkcija, iz čega proizilaze visoki troškovi, sukobi politika i opće neefikasnosti. Nasuprot ekstraktivnoj industriji, pravolinijski tip organizacije može dati pozitivne efekte u industrijama gdje specijalizacija procesa pruža nadolje, od rada svakog pojedinca (npr. u industriji montažerskog tipa), tamo gdje odjeljenje adaptirano na kontinuirani posao.

Drugi tip industrijske organizacije zasniva se na podjeli organizacije na bazi funkcija, kao npr.: nabavka, transport, održavanje, inspekcija, istraživanje i slično. Na ovaj način menadžeri proizvodnje u odjeljenjima mogu se koncentrisati na nadzor direktne proizvodnje, prepuštajući pomoćne službe u dužnost specijalistima u pojedinim obćelastima. Opasnost od ovog tipa organizacije su evidentne, i ogledaju se najviše u slabljenju linijskih ovlaštenja, dovoljnoj kontroli i mogućem nedostatku suradnje i konfuziji kao posljedici.

Treći tip ekstraktivne industrijske organizacije nastao je kombinacijom predhodna dva tipa; uvezivanje linije i uprave daje linijsko rutinsko ovladavanje proizvodnjom, te predviđa upravu specijalista zaduženih za proučavanje metoda, izradu analiza, koordinaciju službenika uprave. Službenici uprave imaju pomoćnike radi pomaganja, a obično nemaju ovlaštenja u linijskoj organizaciji, već djeluju po njihovim preporukama. Ovaj oblik linijske i upravne organizacije najbolje odgovara aktivnostima, kao što su one u rudniku, gdje se procedura ne može u cjelosti standardizovati, a vrlo često nastaju novi problemi.

Dijagram organizacije rudnika, prikazan je na slici br.1., tip je linijske i upravne organizacije. Pod kontrolom menadžera samo rudarski i metalurški inženjeri; linijski su izvršioци zaduženi za direktnu proizvodnju, a svi ostali nadziru rad funkcija koje nisu ograničene granicama odjeljenja.

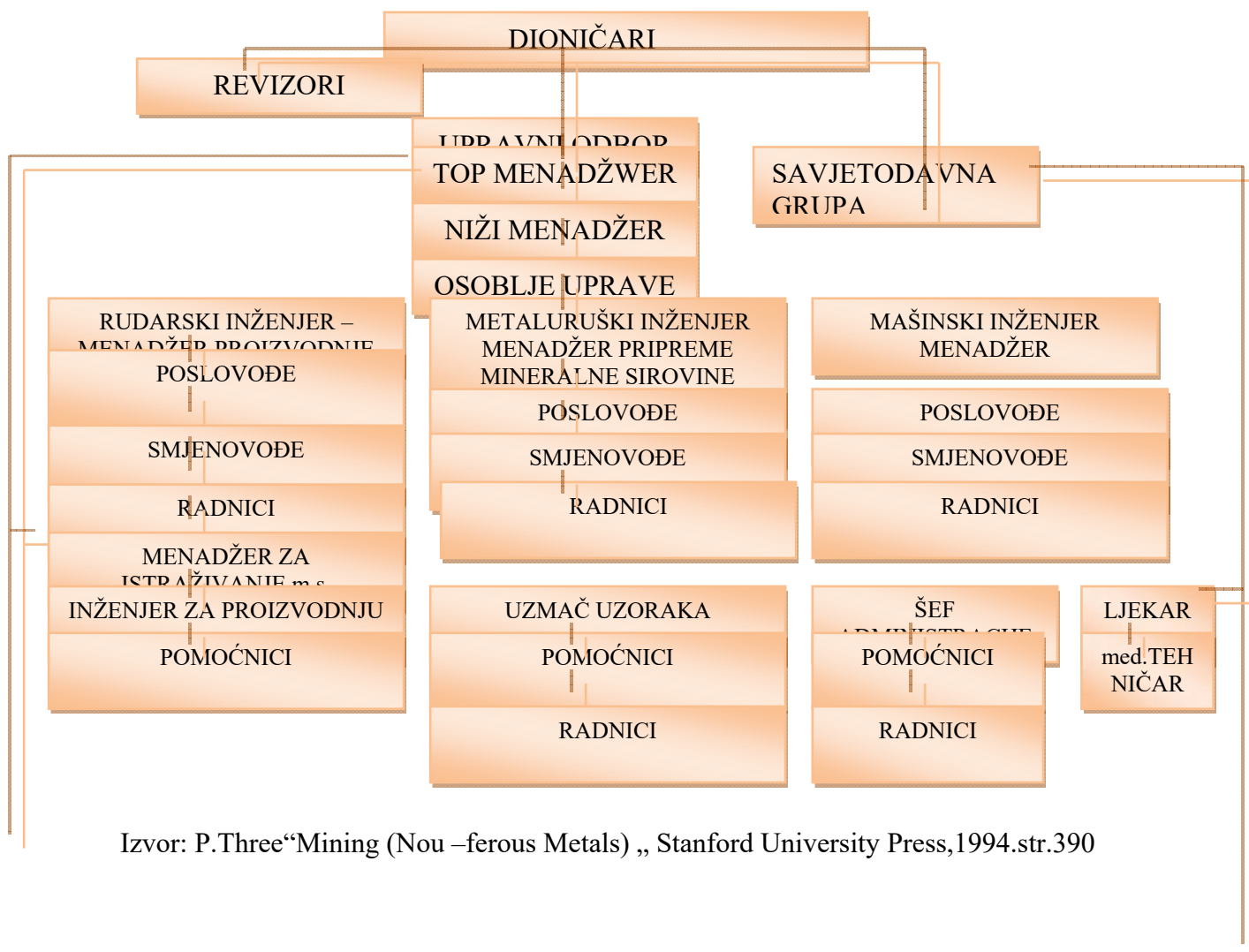
Prezentirana organizaciona shema rudarske organizacije predstavlja pretežno linijsku podjelu ovlaštenja i odgovornosti u rudarskom preduzeću. Ova shema služi kao prikaz toka ovlaštenja od izbora (dioničara) kroz njihove izabrane administrativne predstavnike (upravni odbor) do top menadžera (direktora), kao i njihovih raznih savjetnika i pomoćnika koji usmjeravaju rad nižeg osoblja. Ima, naravno, mnogo drugih shema koje su primjenjive, ali zavise od veličine organizacije rudarskog preduzeća. U srednjim rudarskim preduzećima smanjuje se broj jedinica kombinacijama dva ili više menadžera nižeg ranga. Iz ovog proizilazi pretpostavka da u vrlo malim rudarskim pogonima sve funkcije organizacione sheme obavlja sam menadžer rudnika.

Organizacijske strukture rudnika variraju od korporacije do zajedničkih preduzeća, raznih tipova partnerstva i vlasništva. Način organizovanja koji treba koristiti može varirati ovisno od veličini i fazi rudarskog projekta, uključenom novcu, složenosti finansiranja, koordinaciji i odnosima sa drugim industrijama, veličini međunarodne prisutnosti i veličini javnog učešća.

Rudarska industrija je vrlo intezivna s kapitalom i sa relativnim rizikom većim nego što je udio kapitala korporacija ograničava obavezu dioničara i olakšava podizanje kapitala na način javnog izdvajanja kapitala ( dionica). Upravo zbog toga rudarska preduzeća rade u organizacijskoj strukturi poznatoj kao dioničarsko društvo sa ograničenom obavezom i nazivaju se preduzećima sa ograničenjem ili korporacijama. Korporacijska struktura, zajednička ulaganja i druge organizacije poslovanja u rudarstvu gotovo su iste u svakoj industiji.

U mnogim zemljama korporacije mogu biti privatne ( bez izvršenja) i javne ( sa izvršenjem) sa raznovrsnim definicijama. U većini slučajeva privatna korporacija je ograničena u broju dioničara i transfera dionica. Javno preduzeće „ može prodati svoje dionice javnosti samo pošto se uskladi primjenjivim zakonodavstvom o garancijama koje će normalno tražiti predhodno izdvajanje prospekta ili sličnog dokumenta; tada će javno preduzeće biti na popisu tržišta dionica, ali samo nakon zahtjeva stavljanja na popis tržišta dionica, dakle, nakon stavljanja zahtjeva na popis i udovoljavanje drugim zahtjevima ako je to primjenjivo plaćanje garancija.“<sup>5</sup>

Slika br.1 Organizaciona shema sa tokom ovlaštenja u rudarskom preduzeću



Izvor: P. Three“Mining (Nou –ferous Metals) „, Stanford University Press,1994.str.390

<sup>5</sup>) P. Theree,“Mining. ( Nou Ferrous metals)“, Stanford University Press,1994.,str.392.



Iz prikazane sheme na slici 1.,obaveze i kvalifikacije različitih kooperativnih grupa i administrativnih šefova u rudarskoj organizaciji mogu se deskriptivno prikazati po hijerarhiji ovlasti i nivoa upravljanja.Dioničari su vlasnici imovine i konačni upravljači ukupnog personala,oni prenose najveći dio svojih ovlašćenja na upravni odbor; kada se jednom usvoje pravila preduzeća ,dioničari svoja administrativna prava mogu provoditi samo indirektno izborom novih članova odbora umjesto onih koji ne odgovaraju njihovim namjerama. Dioničari za sebe zadržavaju prava imenovanja revizora za kontrolu godišnjih finansijskih izvještaja i da odlučuju o bitnim pitanjima na generalnoj skupštini dioničara.

Upravni odbor djeluje kao administrativno tijelo,zacrtava politiku preduzeća te odobrava ili neodobrava akte menadžmenta. Službena lica upravnog odbora, kao što su predsjednik, sekretar i blagajnik,biraju se za razne dužnosti koje će pomoći članovima odbora kao cjelini da djeluju kao poslovni ljudi odgovorni za aktivnosti preduzeća. Savjetodavni štab ili tehnički komitet služi upravnom odboru i menadžeru rudnika za pravni ili tehnički savjet. Upravni odbor rijetko ili skoro nikada ne prenosi ovlašćenja na takvog savjetnika ili na cjelokupni komitet. Prema tome,njihov posao nije ništa drugo do povjerljive usluge , i savjeta<sup>6</sup>.

Međutim, položaj inženjera savjetnika često ima znatan uticaj na poslove preduzeća-kompanije, jer je on blizak sa članovima odbora i može sa njima raspravljati o planovima koji utiču na budućnost preduzeća. On ima ulogu da prati i čita izvještaje i analizira ih te podatke koje dolaze do uprave rudnika i prezentira ih upravnom odboru radi objašnjenja. On, dakle, služi kao kontrola za tehnološke akcije menadžera rudnika i može se od njega tražiti da pregleda rudnik i izvjesti o tehničkoj situaciji. Položaj inženjera savjetnika nekada se unaprijedi u menadžera, ovisno o odluci upravnog odbora, ali je rijetkost u praksi , međutim,može biti i obrnuto, ako upravni odbor odluči da se menadžer razriješi i postavi inženjera savjetnika.<sup>7</sup> Tehnički komitet se sastoji od inženjera različitih specijalnosti i te specijalnosti im daju ulogu za savjetovanje upravnog odbora o nekim fazama poslovanja. Komitet svoju postojanost može opravdati savjetodavnom ulogom kod rukovođenja velikim rudarskim preduzećima.

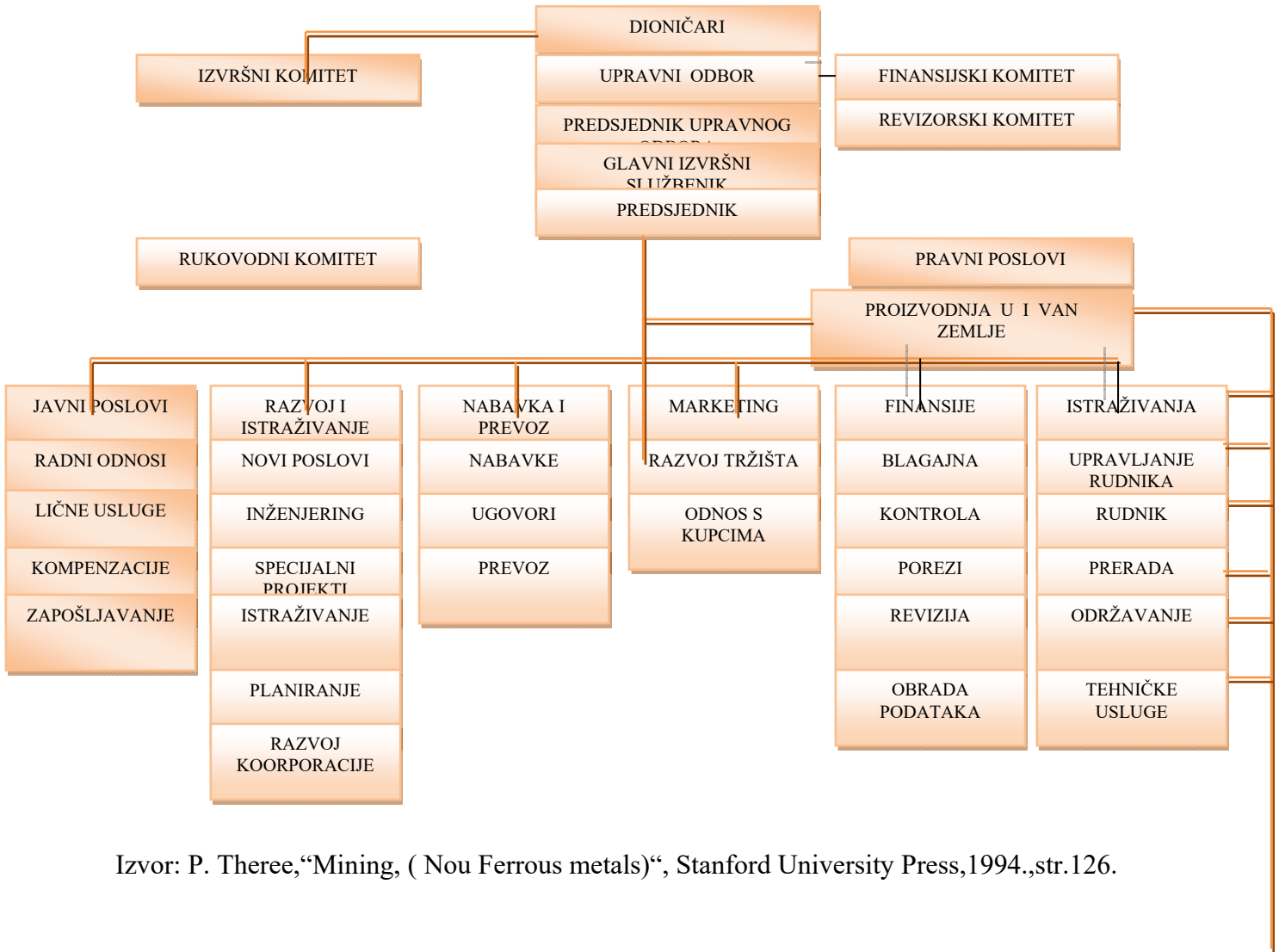
Top menadžer rudarskog preduzeća je izvršno službeno lice preduzeća, i on je direktno odgovoran upravnom odboru za sve aktivnosti rudnika i sve podređene službenike, jer je odgovoran za njihov rad i komunicira s njima direktno ili indirektno, a oni se postavljaju s njegovim odobrenjem. Njegova ovlaštenja ne može pobijati ni jedan službenik ispod nivoa upravnog odbora. U praksi rijetko kad imamo slučaj da upravni odbor imenuje menadžera iz reda svog članstva, što može imati prednosti, a i mane. Prednosti su u tome što bi menadžerove akcije imale dubok uticaj na njegove aktivnosti. Menadžer, svakako, da treba najveći dio vremena provoditi u samom preduzeću. Ukoliko na jednom užem prostoru locirano više radnika, tada top menadžer može rukovoditi tom grupom radnika, u tom slučaju, putovati od jednog do drugog , kako prilike zahtijevaju. Asistenti menadžera rudarskog preduzeća često imaju mjesto pomoćnika direktora koji je osposobljen da privremeno zamjenjuje menadžera i pri njegovoj odsutnosti vrši njegovu ulogu. Podobnije i povjerljivije je postaviti za asistenta menadžera nekog iz preduzeća, nego dovoditi nepoznato lice na tu odgovornu funkciju. Asistent menadžera treba da posjeduje sve kvalitete, njegovo mjesto bi trebalo popuniti drugim licem. Ova mjera važi i za drugo osoblje; niko koje odgovoran za pogrešne aktivnosti ne bi trebao nastaviti rad u upravi preduzeća.

---

<sup>6</sup> ) P. Theree, "Mining, (Nou Ferrous metals)", Stanford University Press, 1994., str. 392.

<sup>7</sup> ) P. Theree, "Mining, (Nou Ferrous metals)", Stanford University Press, 1994., str. 392.

Slika 2. Tipični dijagram organizacije korporacije



Izvor: P. Theree, "Mining, (Nou Ferrous metals)", Stanford University Press, 1994., str.126.

Konceptualni rad korporacije je isti u čitavom svijetu. Osnovna prednost korporacijske jedinice su podložnost zakonodavstvu garancija, i u osnovi uključuje:

1. lakoću podjele, identifikacije vlasništva pomoću dionica,
2. prednost za tržište i likvidnost dionica javnog preduzeća na popisu tržišta dionica,
3. mogućnost korporacije da izdaje osnivački kapital u formi dionica u posjedu,
4. mogućnost da dijeli zaradu kao dividendu u odnosu na dionice u posjedu,
5. lakoću formiranja rukovodstva izborom upravnog odbora s jednim glasom za svaku dionicu u posjedu, te davanje ovlaštenja s ovlaštenim glasanjem.

Kontrola nad korporacijom je sigurna samo kada više od 50% dionica sa pravom glasa drži pojedinac, ili neka kontrolna grupa.

Zajedničko preduzeće je veoma dobra stvar. Prema mišljenju različitih autora "nije mu potrebna definicija". Neki teoretičari i praktičari smatraju da je to oblik partnerstva. Međutim, posmatrajući sa praktičnog gledišta, zajedničko preduzeće se može definisati, dakle, to je udruženje po sporazumu dviju ili više osoba, partnerstva ili korporacija zaključenim u svrhu izvršenja specifičnog poslovnog poduhvata radi ostavrenja profita, a u tu svrhu daju svoju specifičnu imovinu, novac, vještinu ili znanje.

Pod partnerstvom u ekstraktivnoj industriji smatra se način i oblik međusobnog uvezivanja jednog ili više pravnih subjekata, a radi stvaranja profita pri preradi rudnih bogatstava. Razlozi koji obehtrabuju korištenje ove vrste organizacije su isti kao i kod vlasništva. Određene dodatne složenosti obično se nalaze u oporezivanju partnera, ovisno o zakonima o porezima neke zemlje. Može se naići na organizacioni oblik partnerstva i u rudarstvu; istina, ona su rijetka i ne treba ih miješati sa akcionarskim zajedničkim preduzećima.

## **2. KARAKTERISTIKE RAZVOJNOG I INVESTICIONOG CIKLUSA U RUDARSTVU**

### **2.1. Faze razvoja savremenog rudnika**

Proces razvoja današnjeg rudnika i snabdjevanje mineralima može se i grafički prikazati kao na slici 5. Kao što se vidi, promjene na tržištu kreiraju novu ili povećavaju postojeću potrebu za mineralnim proizvodom. U dogovoru na nove potrebe finasijski resursi se usmjeravaju u istraživanje, fizičko kvantificiranje i ekonomsku evoluciju rezervi minerala, o čemu se donosi poseban izvještaj.

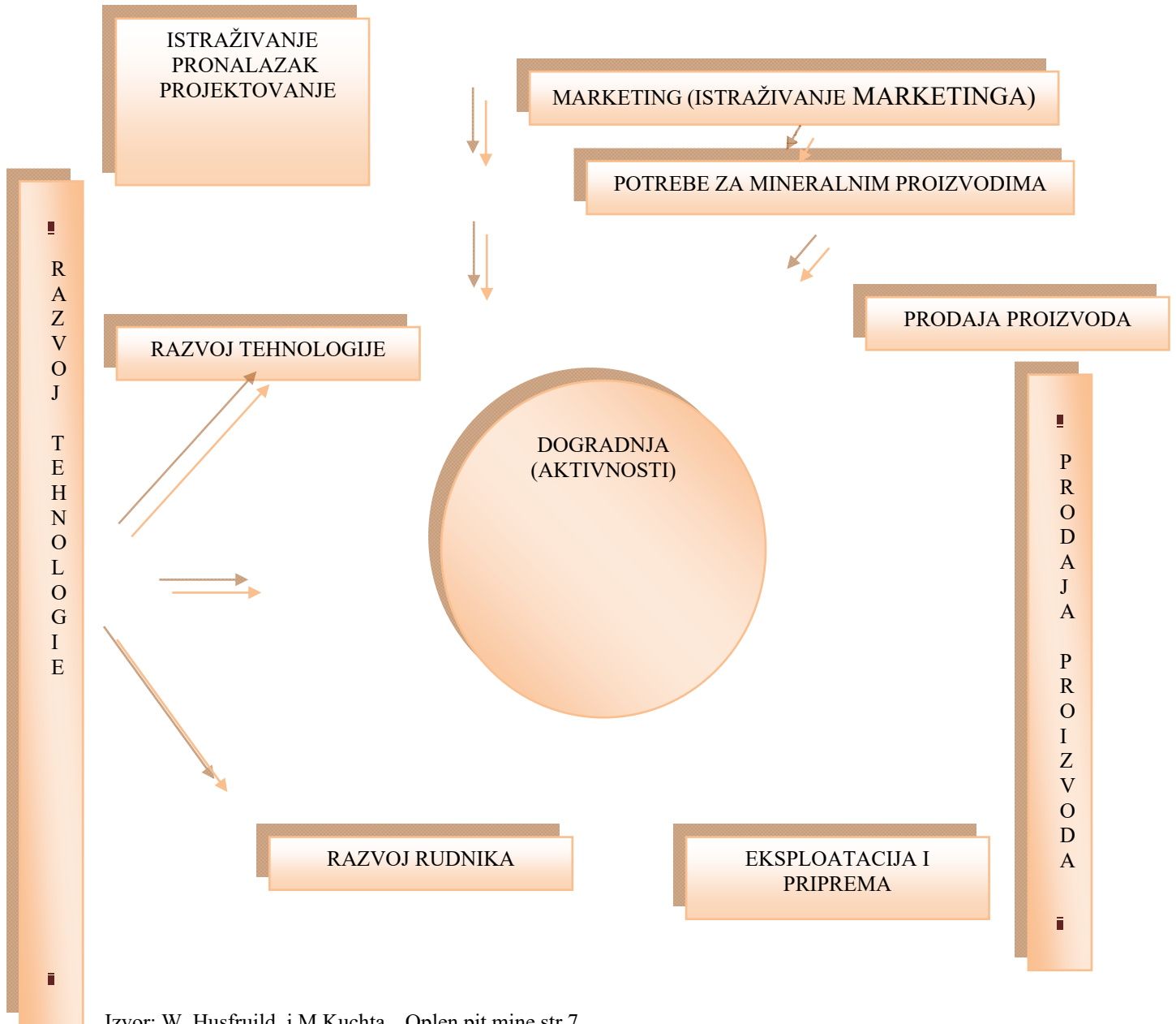
Nakon analize ovog izvještaja, bit će donešena odluka o izvođenju investicionih rudarskih aktivnosti. Ako je odluka menadžera i uprave strukture rudnika o realizaciji investicione aktivnosti razvija se rudnik i koncentrišemo objekte. Međutim, prije te faze menadžer preduzeće sa upravljačkom strukturom i menadžerima nižeg nivoa dobro analizira potrebe za prirodnim resursom. Nakon toga slijedi korak razvoja tehnologije eksploatacije i prerade mineralne sirovine.

U toku eksploatacije mineralne sirovine menadžer rudarskog preduzeće obrađuje tržište gotovih proizvoda, te marketinškim aktivnostima prati marketinški plan, radi proboja i opstanka na tržištu.

Slikom 6. Prikazata je vremenska linija koja pokazuje odnos različitih faza i pojedinih potreba stadija rudarskog projekta. Implementaciona faza sadrži dvije podfaze projektne i konstruktivnu, koje uključuju projektovanje, pripreme i konstrukcione aktivnosti. Nakon toga nastaje period novčanog toka. Ekonomija rezultira održavanjem vremenskog okvira na realnom minimumu. Produktivna faza ima dvije podfaze. Početna faza je do momenta kada kvantitet i kvalitet proizvoda dosegne željeni nivo. Rentabilna proizvodnja započinje na kraju početnog stadija.

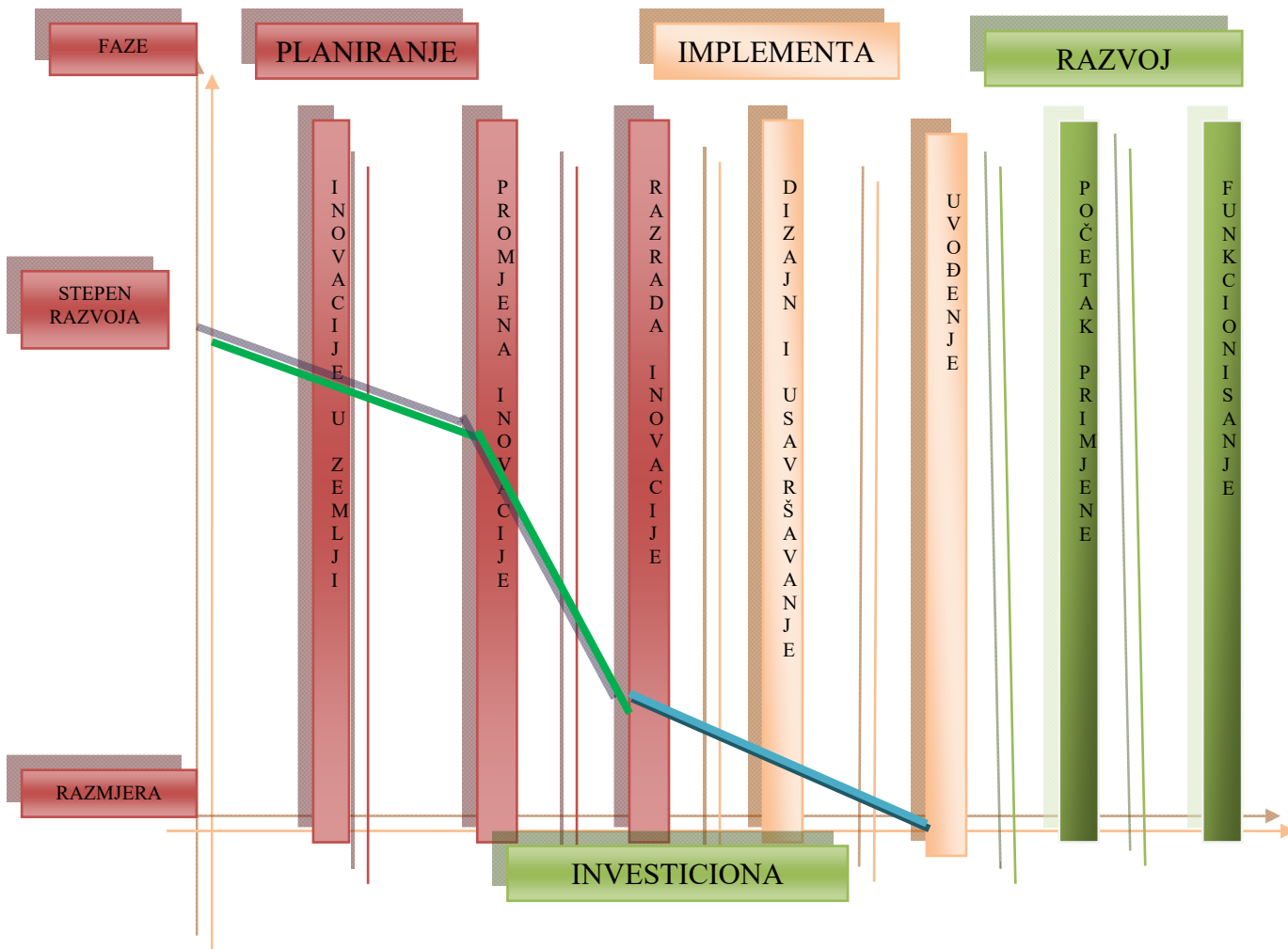
U fazi planiranja se najveća pažnja poklanja minimizaciji kapšitala i operativnog korištenja investicionog zahvata, dok se maksimizira operativni i profitabilni poduhvat.

Slika 3. Dijagramski prikaz procesa razvoja rudnika i snabdjevanje mineralima



U početnoj fazi planiranja za bilo koji nivo investicionog zahvata potreban je veliki broj različitih faktora za razmatranje. Neki se od ovih faktora lahko mogu potvrditi, dok drugi zahtijevaju znatnija detaljna istraživanja. Planiranje kao dio integracionog procesa poslovne politike planiranja i donošenja odluka je aktivnost i sredstvo za uspješno razvijanje i rukovođenje ekonomskim subjektom.

Slika 4. Vremenska linija faze projekta



Izvor: Husfrulid, M. Kuchta, „Open pit mine planing desing“, brookfeld, 1995., str. 7.

Planiranje investicija u preduzeću predstavlja dio plana razvoja preduzeća. Menadžer preduzeća u ovoj fazi ima obavezu da stalno prati i istražuje potrebe za investiranjem u jedan projekat. Nakon izrade analize za potrebom investiranja u neki projekat donosi se odluka o implementaciji investicionog ulaganja u taj projekat. Dakle, nakon implementacije projekta neophodno je kvalitetno razviti investicioni projekat i njegovim razvojem maksimalnu ekonomsku korist.

## 2.2. Faze investicionog projekta rudnika

Rudarski investicioni projekat definiše profitabilnost rudarskih investicionih zahvata kao i njihovu svrsihodnost. Prilikom izrade rudarskog projekat bitno je poznavati i društvene faktore koji vladaju u datim prilikama. Investicioni rudarski projekat treba da ispunjava sve potrebne pravne norme, kako u proceduralnim aktivnostima nebi bilo smetnji.

Rudarski menadžer je obavezan da od vlasnika kapitala dobije odbrenje za realizaciju rudarskog investicionog projekta, nakon čega se smatra da ima validnu osnovu za druge potrebne aktivnosti. Rudarski projekat ima tačno definisanu pravnu regulativu. Primjera radi, prema članu 44. Uredbe sa zakonskom snagom (Službeni list R BiH 24/1993) rudarski projekat se dijeli na glavni i dopunski rudarski investicioni projekat. Glavni rudarski projekat izrađuje se na osnovu dokazanih bilansnih mineralnih sirovina. Udio bilansnih rezervi mora biti najmanje 60%, od čega rezerve A kategorije mogu biti manje od 10%. Rezerve C1 mogu biti maksimalno 60% da bi se uzele u obzir pri izradi rudarskog projekta. Dopunski rudarski investicioni projekat izrađuje se za investiranje u dopunske rudarske zahvate u rudničkom preduzeću.

Svaki rudarski projekat sadrži integracione elemente koji se međusobno nadopunjuju. Da bi se donijela investiciona odluka za aktiviranje rudarskog projekta, potrebno je raspolagati rezultatima istražnih radova i analize sirovinske baze. Međutim, nakon sagledavanja sirovinske baze i donošenja odluka o investiranju u rudarstvu, potrebno je stalno istraživati i partiti promjene na tržištu. Menadžer tržišta sačinjava analizu tržišta i mogućnosti plasmana predviđene proizvodnje, te o tome informiše nadređenog menadžera preduzeća. Nakon donošenja investicione odluke top menadžer rudarskog preduzeća zadužuje sve podređene za realizaciju potrebnih svih administrativnih radnji, kako bi se u fazi implementacije rudarskog projekat nesmetano odvijale planiorane investicione aktivnosti.

Investicioni rudarski projekat je prva faza u izradi ekonomsko – tehničke dokumenatcije koja služi kao temelj za izvođenje investicione izgradnje. Sljedeće faze rudarskog projekat su:

- generalni projekat,
- glavni projekat,
- izvođački projekat.

Generalnim investicionim rudarskim projektom detaljno se razrađuju osnovne postavke investicionog programa. Generalni projekat je viša faza u pripremi ekonomsko tehničke dokumenatcije za investicionu izgradnju. Ukoliko je investicioni rudarski projekat precizno izrađen, neznatna su ostupanja generalnog projekat od investicionog . Glavni rudarski investicioni projekat daljnju razradu generalnog projekat. Osim navedenih rudarskih investicionih projekata, postoje i pojednostavljeni investicioni projekti, koji se koriste kao neprivredni rudarski projekti, jer je, u skladu sa pravnom regulativom, neophodno investirati u i u projekte radi zaštite okoline.

Prema D.Smajiću i P.Ignjatoviću,“svaki rudarski investicioni program prolazi kroz pet osnovnih faza, i to:

- geološka istraživanja ležišta mineralnih sirovina,
- tehnološka istraživanja i razrada tehnološke sheme,
- izrada investicionog programa sa svim potrebnim idejama, a zatim galvnim projektima,
- period izgradnje i
- osvajanje projektovane proizvodnje.<sup>8</sup>

U periodu izgradnje rudarskog objekta bitan je i kvantitet i kvalitet izvršenih radova. Savjestan i stručan rad nadzornog organa je osnovni preduslov za obezbjeđenje kvalitetne izgradnje investicionih kapaciteta. U ovoj fazi investicionog rudarskog projekta, kao i kod drugih investicionih projekata nadzor i savjestan rad izvođača daje dobru garanciju kvaliteta izgradnje investicionog kapaciteta. U ovom periodu investicionog zahvata potrebna je izuzetna komercijalna i finasijska discipliniranost investitora, a i tehnička i tehnološka disciplina izvođača radova.

Fizibiliti studije u rudarstvu definišu se kroz nekoliko faza. Rudarskim se izvještajem razmatra tekuće stanje razvoja i eksploatacije ležišta u toku njegovog ekonomskog vijeka, uključujući tekuće rudarske planove, a generalno ga izrađuje operator u rudniku. Ispitivanjem se uzima u razmatranje količina i kvaliteta mineralnih iskopina tokom perioda izvještavanja, promjene u kategorijama ekonomske održivosti usljed promjena u cijenama, razvoj relevantne tehnologije, novo donošenje regulative o zaštiti okoline i podataka o ispitivanju istovremeno sa iskopavanjem.<sup>9</sup>)

Predfizibiliti studijom se obezbjeđuje preliminarna procjena ekonomske održivosti depozita što predstavlja bazu za dalje istraživanje. Time obično slijedi uspješna istraživačka kampanja i sumiraju geološke, inženjerske, pravne, ekonomske i informacije važne za okolinu i ažuriranje u okviru projekta. Kada se investicionim projektima dostigne relativno stabilna faza, predfizibiliti ispitivanje bi trebalo ograničenje greške u procentu od – 25% do + 25%. U investicionim projektima koji stagniraju u fazi razvoja očekivat će se veća greška.

Ekonomska se održivost može izražavati iskazanim procentom iskorištenja kapaciteta sa stepenom kvaliteta, prikazanim predfizibiliti studiji. Normalne rezerve predstavljaju rezerve koje opravdavaju otkopavanje mineralne sirovine u uslovima tržišne ekonomije. Prosječna vrijednost sirovina koje se godišnje eksploatšu treba biti takva da zadovolji zahtjevani povrat investicije.<sup>10</sup>)

Upravljanje rudarskim preduzećima podrazumjeva i obavljanje odgovarajuće investicijske aktivnosti u vezi s budućim aktiviranjem ležišta mineralnih sirovina putem eksploatacije i podobnosti da se time ostvare odgovarajući ekonomski efekti.

---

<sup>8</sup> ) D.Smajić i P.Ignjatović,“mineralne sirovine i efikasnost investicija“, Rudarski institut Tuzla,1983.,str.26.

<sup>9</sup> ) Izvještaj Ekonomske komisije za Evropu, komitet za energiju, sedma sjednica, 3-5. Novembra 1997. godine str.10.

<sup>10</sup> ) M.kuchta, open pit mine planing & Desing, A.A.balkema, Rotterda, Brookfield, 1995., str.19.

Na osnovu dosadašnjih iskustava u praksi savremenog menadžmenta pokazuje da je izvanredno težak posao jer je povezan s više problema; finansijskih, tehničko-tehnoloških, organizacijskih, kadrovskih i dr. međutim, dali je investicija ekonomski opravdana temeljno je pitanje svake investicije, pa i ulaganja nu buduću eksploatabilnost ležišta mineralnih sirovina.<sup>11</sup>

### III ZAKLJUČAK

Danas, se dešavaju snažne i dinamične promjene, kako u svakodnevnom životu ljudi, tako i u ekonomiji. Nije dovoljno samo poznavati dinamičke tokove na tržištu, nego je neophodno izvršiti izbor strategije kojom će se omogućiti siguran opstanak kompanije na tržištu u sadašnjim i budućim uslovima. Za to su potrebna nova znanja, informacije i kapital, što se stiče borbom na tržištu i istovremeno, koristi kao sredstvo u borbi za opstanak.

Širina i dubina djelovanja jedne kompanije u cjelokupnom tržišnom ambijentu limitirana je znanjem iz kojeg proizilazi razvoj superiornog proizvoda. Uloga menadžmenta u kompaniji nije samo : odbraniti, održati i proširiti postojeće poslove, nego i proširiti i produbiti tehnološke sposobnosti kompanije. Ona se izražava kroz nekoliko elemenata, kao što su troškovi ( kontrola troškova proizvoda koji se razvija, minimalni proizvodni troškovi), brzina ( skraćenje vremena procesa dobivanja proizvoda), kvalitet ( superioran ili bar konkurentan kvalitet proizvoda), reputacija kompanije koja se karakteriše atributima kvaliteta, inovativnosti i odgovornost).

Ulazni parametri u strukturu obračuna cijena proizvoda su različiti. Sirovina, repromaterijal za proizvodnju proizvoda je važan element u izradi kalkulacije cijene koštanja proizvoda. Za neke proizvode moguće je imati vlastite sirovine, a za neke se sirovine moraju kupovati da bi se proizveo gotov proizvod. Prirodna bogatstva koje čovjek eksploatiše određenim industrijskim kompanijama mogu poslužiti za nesmetan način dobivanja sirovine kao ulaznog parametra u strukturi proizvoda. Industrijske kompanije, kao u industriji rudarstva i drugim industrijama ( poljoprivreda, šumarstvo) specijalizovane su za eksploataciju i preradu prirodnih bogastava . specifičnosti u industriji rudarstva, sa aspekta eksploatacije mineralnih sirovina, ogledaju se u tome što prirodna bogatstva ( rude, minerali) nemaju mogućnost regeneracije, pa je ograničeno vremensko razdoblje njihove eksploatacije.

Ukupan index proizvođača industrijske proizvodnje u junu 2008. godine je viši za 2,7 % u odnosu na maj iste godine. Posmatrano prema glavnim industrijskim grupacijama, index cijena intermedijarnih proizvoda, osim energije viši je za 7,4%. Kod energije pad cijena je registrovan za 0,1%. Dakle, neznan pad cijena energije. Index cijena je viši u području prerađivačke industrije i to za 3,9%. Pad indexa cijena je registrovan u području rudarstva i to za 0,4%. Rast industrijske proizvodnje u posmatranom periodu je veća za 6,7%

Česta je pojava, da kompanijama upravljaju neosposobljeni ili nedovoljno osposobljeni menadžeri, a što se direktno manifestuje na ukupno stanje i položaj kompanije. Prema tome, ovim radom, dat je doprinos, važnosti poznavanja menadžerskih sposobnosti i vještina upravljanjem kompanijama, a poseban osvrt na važnost industrijskog menadžmenta.

---

<sup>11</sup>) I. Muftari, R. Obraz, D. Tipurović i dr. "Poslovna analiza i upravljanje, Zagreb, 2000 godine, str. 13.



#### IV LITERATURA:

1. H.Weihrich & H.Koottz,“Menadžment“ prevod A.Andrića, Mate“ Zagreb,1994.
2. O.Sheldon, The Principles of Scientific management in mining; Stanford University.
3. M.Kuchta, Open pit mine planing & Desing,A.A.Balkema,Rotterda,Brookfield,1995.
4. O.Sheldon,The Principles of Scientific management in mining; Stanford University press,1994.
5. Prof. Dr. I. Ibreljić , Ekonomskomo fakultet, Univerzitet Tuzla,  
„Industrija uglja U restrukturiranju“ Rudarski institut 2005. Tuzla.
6. Mr.sci. H.Begić „Ekonomnski aspekti reaktiviranja rudnika magnezita“ „Konjuh“Kladanj  
,Tuzla 2001.
7. M,Buble „Menadžment „Sveučilište u Splitu“ , Ekoniomski fakultet Split,1993.
8. Muftari, R.Obraz, D.Tipurović i dr.“Poslovna analiza i upravljanje,Zagreb,2000  
godine,str.13.

# PRIMJENA EKSPERTSKOG SISTEMA U POSTUPKU OCJENE KVALITETA UGLJA BANOVIĆKOG UGLJENOG BASENA

Dr.sc.Rejhana Dervišević, vanr.prof.  
Mr.sc.Edin Divović, dipl.inž.geolog.

## Abstrakt

Primjena ekspertske sistema u postupku ocjene i valorizacije kvaliteta ležišta uglja u banovićkom basenu razmatra teoretske i konceptualne osnove ekspertske sistema, koji su informaciona baza podataka u savremenoj mineralnoj ekonomiji. Prikazan je model ekspertske sistema, koji bazira na odnosu entitet – relacija – atribut, sa mogućnošću unošenja neograničenog broja podataka za potpuniju digitalnu obradu.

Pri koncipiranju ovog rada postavljeni su sljedeći zadaci koji su morali biti ispunjeni da bi se došlo do realnog rezultata i zadovoljavanja cilja ovog proučavanja: a) upoznavanje opštih geografskih i geoloških karakteristika područja i ugljenog basena Banovići, istražnih radova i kvaliteta uglja; b) izrada interne baze podataka u cilju analize i sinteze rezultata prethodnih istraživanja; c) izbor optimalnog softvera za obradu i prikazivanje rezultata dobivenih informacija i d) prikaz rezultata po rudarskim revirima.

Ova tematika je vrlo malo zastupljena u publikovanim radovima i studijama domaćih autora, pa izloženi podaci, ocjene i prijedlozi mogu biti podstrek za osnivanje studija i projekata sa sličnom tematikom.

**Ključne riječi:** ekspertske sistem, ugljeni basen, kvalitet uglja.

## Opće karakteristike banovićkog ugljenog basena

Banovićki ugljeni basen zauzima prostor oko 27 km<sup>2</sup>. Nalazi se u sjeveroistočnoj Bosni, između sprečke doline na sjeveru i planine Konjuh na jugu. Basen ima elipsast, izdužen oblik, pravca istok-zapad; dužine oko 12 km, a širina u srednjem dijelu, dostiže oko 6 km. Centralnim dijelom basena pravcima istok-zapad pruža se uzdignuti serpentinititski horst, koji banovićki basen razdvaja na južni i sjeverni dio.

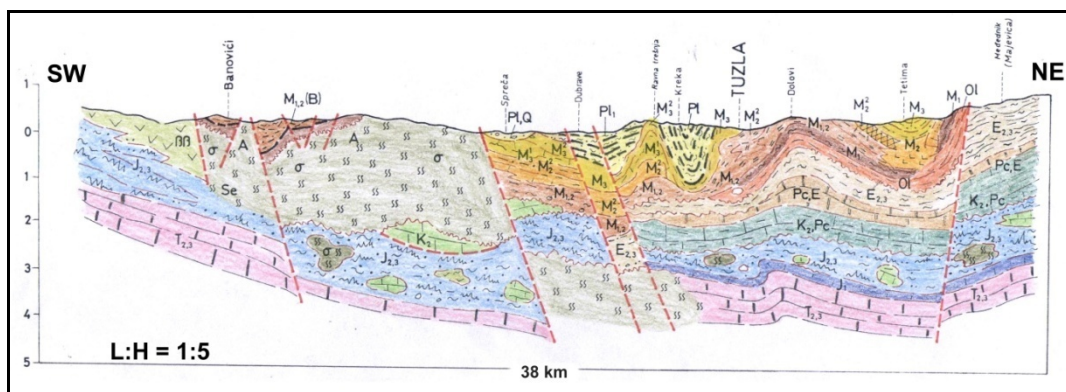


Sl.1- Položaj revira u basenu Banovići (Google Earth)

Osnovno gorje je otkriveno na visinama od 600–1000 metara. Morfološke odlike čitavog kraja su usko povezano sa geološkim formacijama. Najstarije stijene su serpentiniti i one čine osnovu mlađih naslaga.

Po geotektonskoj rejonizaciji područje Banovićkog ugljenog basena i njegove šire okoline pripada unutrašnjoj ofiolitskoj zoni Dinarida, u pojasu dijabaz-rožnačke formacije.

Najstariji sedimenti u geološkoj građi šireg područja su trijaski krečnjaci, tvorevine srednjeg i gornjeg trijasa (T<sub>2,3</sub>). Znatno veće rasprostranjenje imaju stijene jurske vulkanogeno-sedimentne formacije (J<sub>2,3</sub>), predstavljene ultramafitima (peridotiti), serpentinitima, efuzivnim i intruzivnim bazičnim stijenama (gabrovi, spiliti, doleriti, dijabazi), te amfibolitima. Klastična serija titon – donje krede (J,K) sa velikim masama krečnjaka (Vijenac) takođe je zastupljena u široj okolini istraživanog područja.



Sl.2 - Položaj ugljenog basena Banovići u širem obodu Tuzlanskog basena (Čičić, Redžepović, 2002.)

Preko starijih stijena diskordantno leži limničko-terestička serija sa ekonomski vrlo značajnim slojem mrkog uglja. U banovičkom basenu razvijena su dva ugljena sloja. Glavni ugljeni sloj zauzima kratki vremenski interval donjeg miocena ( $M_1$ ). Njegova je debljina od 10-25 m. Drugi, mlađi ugljeni sloj nema ekonomsku vrijednost.

Prema međunarodnoj podjeli ([www.worldcoal.org](http://www.worldcoal.org)), ugalj basena Banovići pripada grupi mrkih ugljeva sa pojedinim elementima kamenog uglja. Istražene rezerve obezbjeđuju dugogodišnji vijek eksploatacije i razvoj povećane proizvodnje, što će se usklađivati sa kretanjima tražnje na tržištu.

Ugalj iz banovičkog basena se upotrebljava kao energetska gorivo u TE Tuzla, ali i u industriji i širokoj potrošnji. Dio proizvedenog uglja se plasira i na tržište susjednih država.

Kvalitativne karakteristike ugljenog sloja su definisane mnogobrojnim analizama uzoraka jezgrenog materijala. Prema rezultatima studije kvaliteta, prosječne vrijednosti parametara kvaliteta uglja iz banovičkog basena su: donja toplotna vrijednost - 14,719 MJ/kg, učešće sumpora 1,40%, učešće pepela 24,40%, ukupna vlaga 19,13%, što ovaj ugalj svrstava u najkvalitetniji u Bosni i Hercegovini i jugoistočnoj Evropi.

## **Primjena ekspertskog sistema**

Ekspertski sistem je, u suštini, informacioni sistem sposoban da memoriše praktično neograničen broj podataka i da ih, skladno instrukcijama i zahtjevu programera, emituje sa naznakom rješenja optimalnih za donošenje odluka. Primjena ekspertskih sistema u metodologiji istraživanja ležišta mineralnih sirovina i ekonomskoj geologiji uopšte, u našoj zemlji je na samom početku.

Jedna od početnih faza u planiranju primjene ekspertskog sistema u postupku ocjene kvaliteta uglja u banovičkom basenu bila je razvoj baze podataka. Baza podataka formirana je prikupljanjem podataka, uglavnom iz istražnih bušotina. Jezgra bušotina daju mnoštvo podataka o geološkim karakteristikama ležišta, njegovom kvalitetu i kontinuitetu. Potpuna geološka interpretacija je preduslov za bilo koje matematičko modeliranje.

U strukturama baza podataka u širokoj upotrebi je E-R model, koji bazira na kategorijama: entitet-relacija-atribut. Ovaj model je pogodan za primjenu pri dizajniranju baze podataka za kartografiju, jer omogućuje fleksibilnu i integrativnu bazu podataka. U ovom radu su entiteti – reviri Banovičkog ugljenog basena, a atributi kvalitativne karakteristike uglja.

Za ovaj rad je koncipirana kompleksna integracija podataka u ekspertskom sistemu ocjene kvaliteta uglja banovičkog ugljenog basena. Integracija podataka u ekspertskom sistemu sastojala se od nekoliko faza:

1. Faza – izrada interne baze podataka,
2. Faza – izbor optimalnog softvera za analizu, sintezu i obradu podataka,
3. Faza – izrada prognoznih konturnih karata,
4. Faza – analiza dobijenih rezultata pomoću histograma.

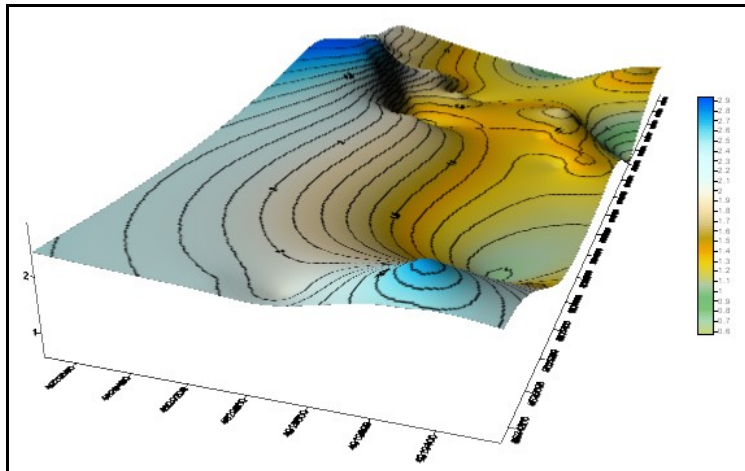
## Izrada interne baze podataka

Nakon analize i sinteze ulaznih podataka iz istražnih bušotina urađena je interna baza podataka, koja je obuhvatila obradu 249 ranije izvedenih istražnih bušotina. U cilju izrade ovog rada razmatrani su sljedeći atributi:

- oznaka istražne bušotine,
- XY geodetske koordinate istražne bušotine,
- sadržaj vlage (%),
- sadržaj pepela (%),
- sadržaj ukupnog sumpora (%) i
- toplotnu vrijednost (kJ/kg) glavnog ugljenog sloja.

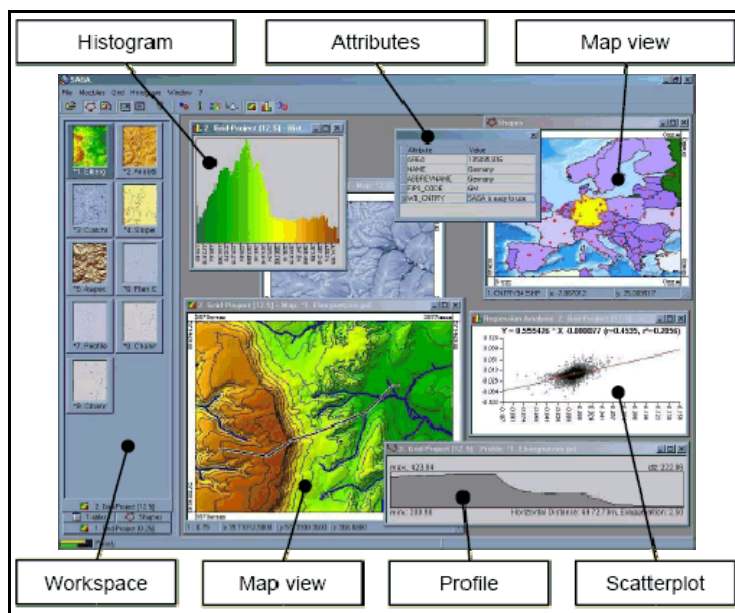
## Izbor optimalnog softvera za analizu, sintezu i obradu podataka

Softverski paket izabran za obradu podataka i grafičku izradu karata je Surfer 8.04 softverske kuće *Golden Software*. Program brzo i lako vrši transformaciju ulaznih podataka iz tabela u mnogo razumljivije konturne karte, karte 3D površine, wireframe, vektorske, image, osjenčeno reljefne i post karte. Svi grafički rezultati prikazani su trodimenzionalno, što uveliko pojednostavljuje razumijevanje dobivenih rezultata i njihovu analizu.



S.3-Primjena softvera Surfer -3D karta površina za sumpor u reviru Turija

Za prikaz histograma (frekvenciju distribucije vrijednosti) izabran je softverski paket je SAGA GIS 1.2 koji predstavlja open source GIS projekt vlade Njemačke.



S.4-Interface u softveru SAGA GIS

**SAGA** – Sistem za Automatsku Geonaučnu Analizu - je hibridni GIS softver. Osnovna namjena SAGA GIS-a je omogućavanje geonaučnicima da na ovoj efektivnoj i lako razumljivoj platformi implementiraju geonaučne metode. Veza između programa Surfer 8.04 I SAGA GIS 1.2 ostvarena je importovanjem surferovih grid fajlova u SAGA GIS softver.

### Izrada prognoznih konturnih karata

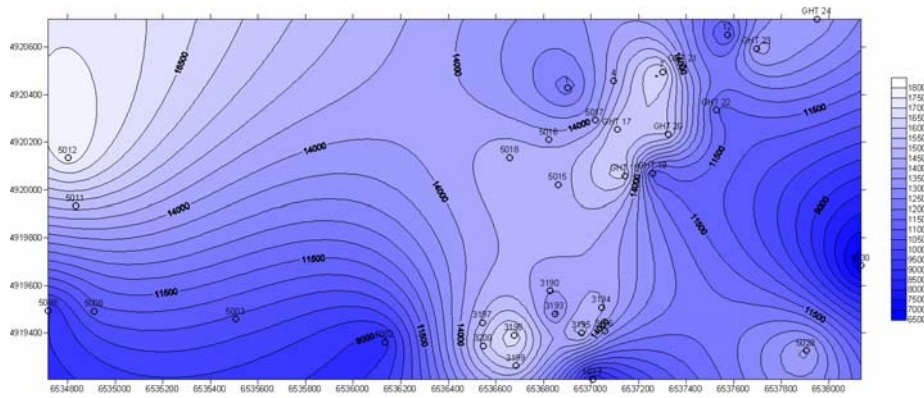
Izrada prognoznih konturnih karata na osnovu interne baze podataka softverom Surfer 8.04 izvršena je po svim revirima: Čubrić, Grivice, Omazići i Turija.

Za svaki revir su posebno analizirani sljedeći atributi :

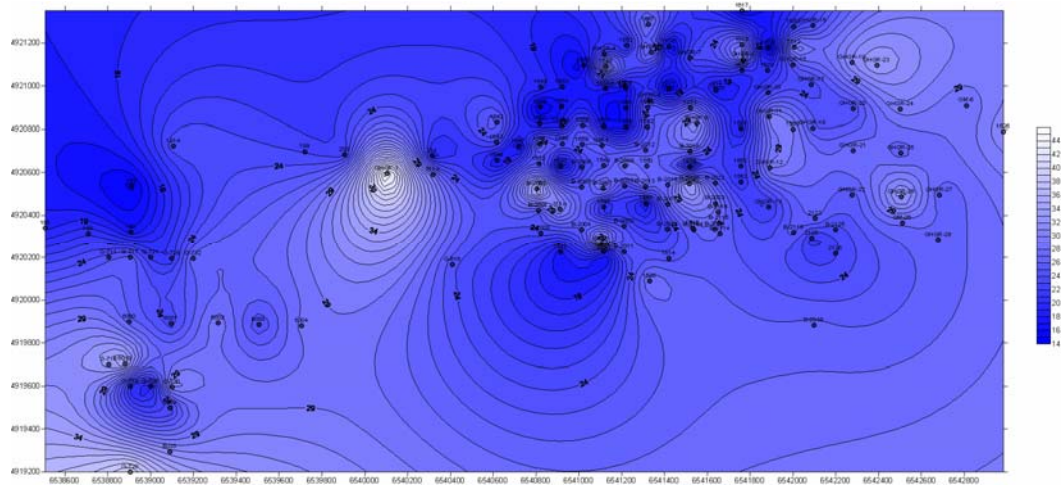
- donja toplotna energetska vrijednost – DTE vrijednost (MJ/kg) ,
- sadržaj pepela (%) ,
- sadržaj ukupnog sumpora (%) i
- sadržaj vlage (%) u glavnom ugljenom sloju.

Na prognoznim konturnim kartama koordinate X i Y predstavljaju geodetske koordinate, koje se u RMU Banovići inače koriste u radu, a Z osa predstavlja, ovisno o vrsti podatka, vrijednosti DTE, pepela, sumpora ili vlage.

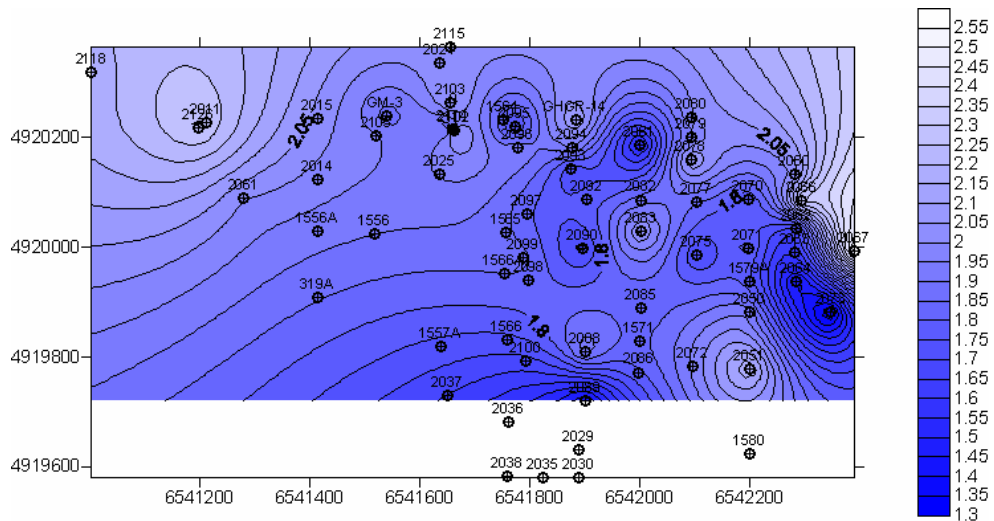
U softveru Surfer su napravljene prognozne konturne karte na osnovu kojih rudarski inženjeri i geolozi, na terenu i tokom procesa eksploatacije, mogu planirati proizvodnju i plasman uglja ovisno o stanju na tržištu, te na osnovu datih karata odrediti očekivani kvalitet uglja u pojedinom dijelu revira.



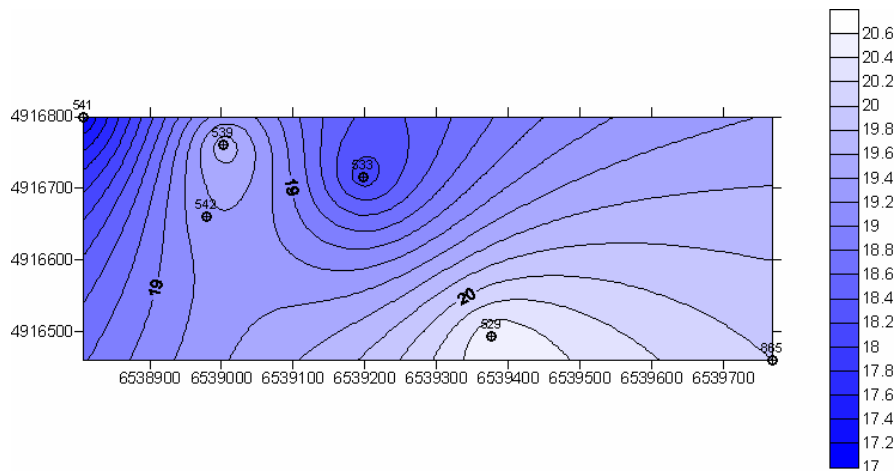
Revir Turija – DTE



Revir Grivice – sadržaj pepela



Revir Omazići – sadržaj sumpora



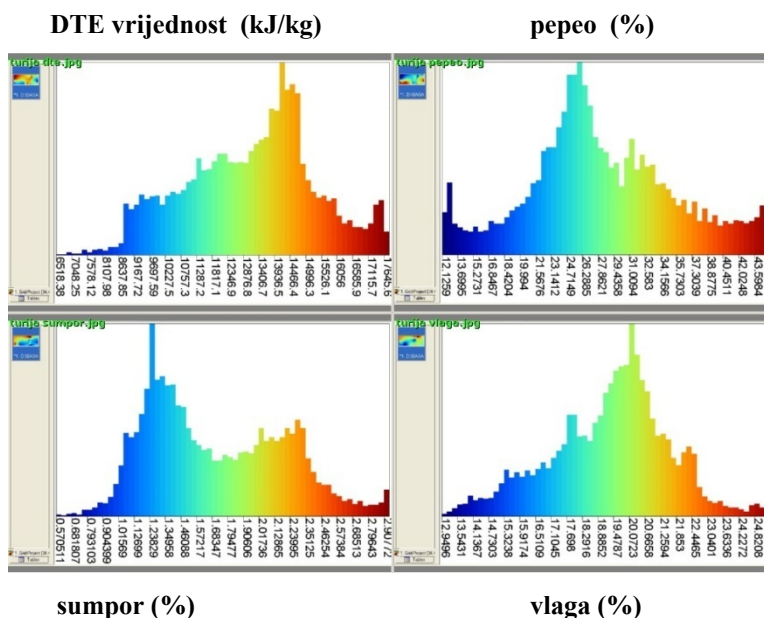
Revir Čubrić – sadržaj vlage

Na osnovu interne baze podataka izrađene su i konturne karte krovine i podine glavnog ugljenog sloja sjevernog dijela basena Banovići i kompilacijski histogrami za cijeli basen Banovići.

### Analiza dobijenih rezultata pomoću histograma

Analiza i sinteza podataka, kao i izrada i prikaz konturnih karti i histograma, urađeni su po svim entitetima (revirima).

Histogrami, rađeni u programskom paketu SAGA GIS, predstavljaju frekvenciju distribucije vrijednosti podataka dobivenih iz istražnih bušotina, sadržanih u bazi podataka. Veza ova dva softvera ostvarena je importovanjem grid fajlova iz surfera u SAGA GIS. Slika 5 prikazuje dobivene histograme po atributima za revir Turija.



Sl.5 - Revir Turija – histogrami



Poređenjem rezultata očitanih iz histograma i ranije utvrđenih vrijednosti dobivenih ponderisanjem, moguće je odrediti veličinu greške.

Uporedba rezultata prikazana je u narednoj tabeli:

#### **REVIR ČUBRIĆ**

	Ponderisane vrijednosti	Podaci iz histograma
DTE vrijednost (MJ/kg)	16375	17,313
Pepeo (%)	16,58	16,03
Sumpor (%)	-	-
Vlaga (%)	23,21	19,56

#### **REVIR GRIVICE**

	Ponderisane vrijednosti	Podaci iz histograma
DTE vrijednost (MJ/kg)	16315	16,636
Pepeo (%)	27,09	26,75
Sumpor (%)	2,16	1,83
Vlaga (%)	14,44	13,07

#### **REVIR OMAZIĆI**

	Ponderisane vrijednosti	Podaci iz histograma
DTE vrijednost (MJ/kg)	16200	15,474
Pepeo (%)	26,62	26,32
Sumpor (%)	1,87	1,93
Vlaga (%)	13,96	12,82

#### **REVIR TURIJA**

	Ponderisane vrijednosti	Podaci iz histograma
DTE vrijednost (MJ/kg)	13938	14,136
Pepeo (%)	25,38	25,70
Sumpor (%)	1,67	1,40
Vlaga (%)	20,24	20,20

Na osnovu uporednih rezultata vidi se da su greške u prihvatljivom okviru, što ukazuje da izabrani softveri predstavljaju optimalno rješenje.

Ponderisane vrijednosti analiza uglja pokazuju da je DTE vrijednost najveća u reviru Čubrić i iznosi 16,375 MJ/kg, zatim u reviru Grivice 16,315 MJ/kg, dok je u reviru Omazići

16,20 MJ/kg. Najniža ponderisana vrijednost je u reviru Turija gdje je DTE vrijednost 13,938 MJ/kg, što ukazuje na ujednačen kvalitet uglja u basenu Banovići.

Analizom konturnih karata i histograma može se utvrditi da povećanje DTE vrijednosti prati i povećanje sadržaja sumpora u uglju. Iz toga proizilazi da je, najvjerovatnije, sadržaj sumpora najveći u reviru Čubrić, mada nema dovoljno ulaznih podataka. U reviru Grivice sadržaj sumpora je 2,16%, u reviru Omazići 1,87%, dok u reviru Turija DTE vrijednost, kao i sumpor, imaju najnižu vrijednost 1,67 %.

Analizom dobivenih rezultata može se zaključiti da je najniža vrijednost vlage u reviru Omazići, 13,96% što je logično, jer se u ovom reviru jamskoj eksploatacija izvodi na većim dubinama.

Primjenjeni softverski paketi predstavljaju dobar izbor i zbog toga što će se novi ulazni podaci lako obraditi, a prognozne konturne karte i histogrami brzo i jednostavno nadograditi.

## **Zaključak**

Primjena ekspertskih sistema u postupku ocjene i valorizacije kvaliteta banovičkog ugljenog basena je doprinijela većem stepenu poznavanja ugljenog basena Banovići. Izabrani softverski paketi Surfer i SAGA GIS su omogućili analizu i integraciju podataka, te izradu kompilacionih i prognoznih konturnih karata i histograma za cijeli basen. Smatramo da će biti od neposrednog značaja za usmjeravanje i razvoj tekuće proizvodnje i, što je od posebnog značaja, za izradu budućih istraživačkih programa i planova razvoja proizvodnje u ovom basenu.

Potrebu za uvođenje i korištenje ekspertskih sistema u geološkim istraživanjima i rudarskoj ekonomiji potkrepljuje činjenica da je banovički ugljeni basen najistraženiji ugljeni basen u našoj zemlji, u kome je izvedeno više od 1000 istražnih bušotina, koje nisu adekvatno proučene i smještene u odgovarajuću bazu podataka. Svakako da se nedostatkom u postupku istraživanja smatra činjenica da veliki dio istražnih bušotina nije urađen s jezgrovanjem što bi doprinijelo potpunijem poznavanju ovog basena.

Izdvajanje rudarskih revira kao entiteta i obrada kvaliteta, uz tehničke karakteristike, rezerve, proizvodnju i izraz ekonomske ocjene, kao njihovih atributa, svakako bi značajno doprinijelo stvaranju baze podataka za buduću primjenu metodologije ekspertskih sistema.

Istraživanje kvaliteta uglja sa svih aspekata primjene takođe bi predstavljalo vrijedan doprinos u upravljanju daljim procesima eksploatacije, povećanju količina koje se eksploatišu ili smanjenju i ukazivanju na neodrživost procesa proizvodnje.

## **Literatura:**

- Čičić,S. (2002): Geološki sastav i tektonika Bosne i Hercegovine. Earth Science Institute. Sarajevo.
- Čičić,S., Redžepović,R. (2003): Prilog poznavanju geotektonike i geneze Tuzlanskog basena. Geološki glasnik br. 35. Sarajevo.
- Divović,E. (2007): Integracija podataka u ekspertskom sistemu ocjene karakteristika uglja banovičkog ugljenog basena. Magistarski rad. RGGF Tuzla.
- Redžepović,R. (2006): Integracija podataka u ekspertskom sistemu ocjene nemetaličnih mineralnih sirovina krečnjaka u širem obodu Tuzlanskog basena. Geološki glasnik, Posebna knjiga XXVII. Sarajevo.
- Rudarski Institut Tuzla (2006): Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi mrkog uglja u basenu Banovići. Tuzla.

[www.saga-gis.org](http://www.saga-gis.org)

[www.worldcoal.org](http://www.worldcoal.org)

# GEOLOŠKE ODLIKE LEŽIŠTA UGLJA «BALJAK» U UGLJEVIČKOM UGLJONOSNOM BASENU

1. dr. sc. *Baraković Amir*, vanr. prof. RGGF Univerziteta u Tuzli
2. *Rajko Tomić*, dipl. inž. geologije; AD., Rudnik i Termoelektrana- Ugljevik
3. *Petar Katanić*, dipl. inž. geologije, AD Sočkovac

Ključne riječi: *ležište Baljak, kvalitativne odlike uglja, rezerve uglja*

## UVOD

Kategorizaciji, klasifikaciji i proračunu rezervi uglja ovog dijela Ugljevičkog ugljonosnog bazena se pristupilo radi utvrđivanja stvarnog stanja kvaliteta i količina uglja u ležištu Baljak.

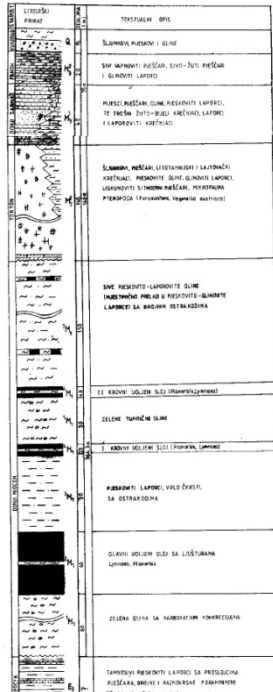
Na osnovu izvedenih istražnih bušotina i laboratorijskih ispitivanja u periodu 1959 – 1961.godine, utvrđene su bilansne rezerve C<sub>1</sub> kategorije u količini od oko 40.152.000 t uglja i C<sub>1</sub> vanbilansne rezerve u količini od oko 14.123.000 t.

Krajem 1987.godine, izvedeno je 13 istražnih bušotina u mreži 200x200 m i 100x200 m koje se uklapaju u postojeću mrežu istražnih bušotina.

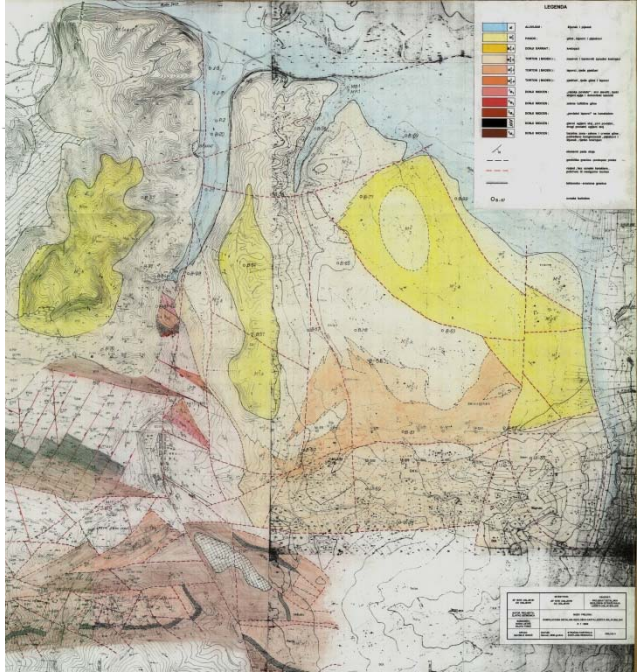
Osim navedenih, izvršena su određena hidrogeološka i geomehanička ispitivanja uglja, pepela i međuslojne jalovine.

# 1. GEOLOŠKE GRAĐA LEŽIŠTA

U geološkoj građi ležišta učestvuju samo stijene tercijarne starosti, (sl.1. i sl.2.)



Slika 1. Litostratografski stub ležišta uglja „Baljak“, R - 1:1000 po Tomić, R., 2008.god.



Slika 2. Kompilaciona detaljna geološka karta ležišta uglja „Baljak“, R: 1 : 5000, po Tomić, R., 2008.godine

Izdvojeni su slijedeći litostratografski članovi :

## 1.1.Srednji eocen - E<sub>2</sub>

Sedimenti srednjeg eocena se ne pojavljuju na površini istražnog područja, već predstavljaju paleoreljef donje miocenskim slatkovodnim, jezerskim sedimentima.

## 1.2.Donji miocen - M<sub>1</sub>

Slatkovodne ugljonosne tvorevine leže preko paleogene marinske podine i ovdje se tretiraju pod nazivom "ugljevička ugljonosna formacija " koja je izdijeljena na kartirane jedinice nižeg reda – pakete.

### **1.2.1. Prvi paket : zelene podinske gline ( $^1M_1$ )**

Podinski slatkovodni sedimenti donjeg miocena leže diskordantno preko srednje eocenskih sedimenata. Debljina im je oko 80 metara.

Zelene gline, sa relativno čestom pojavom karbonatnih konkreција, čine neposrednu podinu glavnom ugljenom sloju.

### **1.2.2. Drugi paket : glavni ugljeni sloj ( $^2M_1$ )**

Pretpostavlja glavni produktivni dio u geološkom stubu i u ekonomskom smislu je najznačajniji član slatkovodne serije.

Pretpostavljen je ugljenim slojem sa proslojcima ugljevitih glina, ugljevitih laporaca, laporaca i glina. Sadržaj jalovih proslojaka u glavnom ugljenom sloju je do 15 %. Debljina ugljenog sloja u ležištu »Baljak« je varijabilna i kreće se od 8 do 31 m.

### **1.2.3. Treći paket : "povlatni laporci" ( $^3M_1$ )**

Boje su sive do sivo – zelene, mjestimično više glinoviti ili vapnoviti. Odlikuju se prisustvom *ostrakoda* i izraženom čvrstoćom.

Debljina u ležištu »Baljak« im se kreće u granicama od 25 do 38 metara.

Često se ovaj paket završava pjeskovitim fosilonosnim laporcima označenim prilikom kartiranja bušotina kao "*lumakela*".

Sastavljeni su od ogromnog broja fragmenata ljuštura: *sferiuma*, *pizidiuma* i *planorbisa*. Debljina ovog člana iznosi i do 5 metara Lumakela pretpostavlja izvanredan reporni nivo za korelaciju.

### **1.2.4. Četvrti paket : prvi krovni ugljeni sloj ( $^4M_1$ )**

Karakteristika ovog i ostalih krovnih slojeva je da nemaju konstantno rasprostranjenje kao glavni ugljeni sloj. Debljina mu je vrlo promjenljiva i kreće se od 0,20 do 7,5 metara. Prosječna debljina ovog sloja iznosi 5,45 metara.

### **1.2.5. Peti paket : zelene tufitične gline ( $^5M_1$ )**

Ove gline po markantnoj boji, tufitičnosti, prisustvu karbonatnih konkreција, odsustvu paleontoloških ostataka pretpostavljaju stratigrafsku jedinicu sa repornim karakteristikama. Debljina ove jedinice je od 20 do 30 metara.

### **1.2.6. Šesti paket : drugi krovni ugljeni sloj ( $^6M_1$ )**

Ova jedinica se nalazi na udaljenosti 30 do 40 metara iznad prvog krovnog ugljenog sloja. Sadrži *planorbise* i *limnee*. Maksimalna nabušena debljina na ležištu »Baljak« iznosi 6,80 metara, a minimalna 0,50 m, tako da prosječna debljina sloja iznosi 2,68 m.

### **1.2.7. Sedmi paket : "visoka krovina" ( $^7M_1$ )**

Ovo je završna jedinica ugljonosne formacije. Izgrađena je od laporaca, glinovitih laporaca i laporovitih glina sa proslojcima uglja, ugljevite gline i pješčara. Debljina ovih krovinskih slatkovodnih naslaga varira i na kratkim rastojanjima.

### 1.3.Srednji miocen - M<sub>2</sub>

Preko donje miocenske slatkovodne serije diskordantno leže marinski sedimenti srednjeg i gornjeg miocena.

Početak marinske sedimentacije označen je bazalnim šljunkovitim pješčarom sa mnoštvom *amusiuma*.

#### 1.3.1. Baden – torton (M<sub>2</sub><sup>2</sup>)

Tortonske marinske naslage leže u jasnom diskordantnom odnosu preko slatkovodne ugljonosne serije. Ovi sedimenti sadrže bogatu asocijaciju fosila.

### 1.4. Gornji miocen (M<sub>3</sub>)

Znatno rasprostranjenje na ležištu »Baljak« imaju i sedimenti gornjeg miocena. Utvrđeni su u sjeveroistočnim dijelovima ovog revira, a izdvojene su dvije serije :

- brakična, i
- kaspibrakična - oligohalinska facija .

### 1.5. Kvartar ( Q )

Kvartarne tvorevine kao najmlađe čine deluvijalne naslage maksimalne debljine 15 metara. Predstavljani su šljunkovima, pjeskovima i glinama.

Analizirajući strukturnu kartu slojeva južnog dijela područja ležišta »Baljak«, može se zaključiti da je ležište poremećeno rasjedima pravca sjeveroistok - jugozapad i sjeverozapad - jugoistok. Veličina skoka rasjeda je neujednačena i kreće se od 10 do 140 m.

Neotektonski pokreti su usloveli stvaranje rasjednih zona na ovom području, širine čak i do 30 metara.

## 2. KVALITATIVNE ODLIKE UGLJA

Oprobavanje je vršeno metodom polovljenja jezgra. Maksimalna dužina proba za čisti ugalj iznosi 5 m. Za rovni ugalj ( sa proslojcima jalovine do 0,7 m ) maksimalna dužina proba iznosi 10 m. Probe su za određivanje kvalitativnih karakteristika pokazatelja uglja i pepela, kao i za DTA i TGA ispitivanje glinovitih partija.

Za određivanje zapreminske mase uzorkovanje je vršeno tako što je uzet reprezentativni uzorak ugljenog sloja.

Pored navedenih vršeno je i uzorkovanje za određivanje petrografskih karakteristika uglja.

Računanje ponderisanog prosjeka je vršeno po obrascu :

$$C = \frac{C_1 \times d_1 + \dots + C_u \times d_u}{Y d + \dots + d_u}, \text{ gdje je:}$$

$$Y d + \dots + d_u$$

*C – ponderisana vrijednost*

*Cu – pojedinačna vrijednost*

*du – dužina intervala porobavanja*

## **2.1. Kvalitativni pokazatelji kvaliteta uglja**

Dobijene vrijednosti kvalitativnih pokazatelja za cijelo ležište su prikazane u tabeli 1.

*Tabela 1- Pokazatelji kvaliteta*

<b>Pokazatelj</b>		<b>čisti ugalj</b>	<b>rovni ugalj</b>
Gruba vlaga	%	<b>26.54</b>	<b>24.33</b>
Higro vlaga	%	<b>6.69</b>	<b>5.42</b>
Ukupna vlaga	%	<b>33.33</b>	<b>29.75</b>
Pepeo	%	<b>13.60</b>	<b>23.16</b>
Isparljive materije	%	<b>30.23</b>	<b>31.45</b>
Sagorljive materije	%	<b>52.24</b>	<b>47.08</b>
C – fix	%	<b>22.01</b>	<b>15.63</b>
Koks	%	<b>35.61</b>	<b>38.79</b>
S – ukupni	%	<b>3.23</b>	<b>3.84</b>
S - sagorivi	%	<b>3.08</b>	<b>1.68</b>
S – vezani	%	<b>1.15</b>	<b>2.18</b>
GTE	KJ/kg	<b>15109</b>	<b>12414</b>
DTE	KJ/kg	<b>13583</b>	<b>11112</b>

- Prosječan ponderisani kvalitet za sve ugljene slojeve za ravir »Baljak« je prikazan u tabeli 2.

*Tabela 2 - Ponderisani parametri kvaliteta uglja.*

<b>Pokazatelj</b>		<b>čisti ugalj</b>
Gruba vlaga	%	<b>26,220</b>
Higro vlaga	%	<b>6,310</b>
Ukupna vlaga	%	<b>32,530</b>
Pepeo	%	<b>14,850</b>
Isparljive materije	%	<b>29,870</b>
Sagorljive materije	%	<b>51,550</b>
C – fix	%	<b>21,630</b>
Koks	%	<b>36,480</b>
S – ukupni	%	<b>4,170</b>
S - sagorivi	%	<b>3,020</b>
S – vezani	%	<b>1,150</b>
GTE	KJ/kg	<b>14759</b>
DTE	KJ/kg	<b>13267</b>
<b>Zapreminska masa</b>	<b>t/m<sup>3</sup> x 10<sup>-3</sup></b>	<b>1.29</b>

- Hemijski sastav pepela, je dat u tabeli 3.



Tabela 3 - Hemijski sastav pepela

ODREĐIVANA KOMPONENTA	SADRŽAJ U %		
	MINIMALAN	MAKSIMALAN	PROSJEČAN
SiO <sub>2</sub>	7, 32	38, 28	19, 37
Ti	0, 63	0, 63	0, 37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6, 44	21, 48	12, 90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4, 34	15, 78	9, 00
CaO	15, 93	48, 97	25, 99
MgO	0, 20	8, 37	2, 34
MnO	0, 05	0, 87	0, 32
K <sub>2</sub> O	0, 22	1, 41	0, 65
Na <sub>2</sub> O	1, 43	5, 10	3, 40
Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0, 05	0, 74	0, 23
SO <sub>3</sub>	18, 87	35, 12	25, 74

## 2.2. Temperatura topivosti pepela

Na osnovu dobijenih rezultata može se reći da pepeo ovog uglja pripada lahko topivim pepelima s obzirom da se temperatura razlijevanja kreće u intervalu od 1180° C - 1300° C. Temperatura sinterovanja tj. temperatura na kojoj se dešavaju prve zapreminske promjene iznosi od 1120 - 1220° C.

## 2.3. Tačka paljenja uglja

Prema dobijenim rezultatima može se zaključiti da je prašina ispitanog uglja sklona samozapaljenju na vrućim površinama i otvorenom temperaturnom polju.

Ispitivani uzorci su se zapalili na temperaturi od 190 - 220°.

## 2.4. Petrografske karakteristike uglja

U svrhu određivanja petrografskog sastava uglja analizirano je 12 uzoraka sa 4 bušotine. Ispitivanjem preparata u dobijenoj svjetlosti utvrđeno je da u sastavu ugljene materije ulaze *macerali* i *mikrolitotipovi*, grupe *humita*, *leptinita*, *inartinita* i *mineralna materija*.

Iz procentualnog sadržaja macerala, može se konstatovati da su najzastupljeniji macerali humitske grupe. Primarno mjesto ima *densenit*, maceral visokog stepena gelifikacije, koji bi po strukturi i homogenizaciji odgovarao *vitritu*.

Sledeći maceral po zastupljenosti je *atrit*, a karakteriše se rastresitijom i slabije homogeniziranom organskom masom, sa rijetkim trgovima sočiva i trakama celuloze i vidljivim prelazima u *desenit*.

Najmanje su zastupljeni macerali grupe *humotelinita*, među kojima se ističe *tekstinit*. Javlja se u izolovanim sočivima ili strukturno vezan za *ulminit*,

Karbonati se javljaju u manjim odlomcima i krhotinama od ostataka ljuštura, ili ispunjavaju prsline u organskom detritusu. Pored gline i karbonata znatan je sadržaj pirita, a strukturno je vezan organsku materiju.

Na osnovu naprijed opisanog, ugljevi ovog područja se mogu uvrstiti u mekše ugljeve sa znatnim sadržajem mineralne materije.

## 2.5. Zapreminska masa uglja i međuslojne jalovine

Ispitivanja su vršena na 61 uzorku za sve ugljene slojeve, od čega 29 ispitivanih uzoraka se odnosi na glavni ugljeni sloj.

Ponderisanjem pojedinačnih vrijednosti dobijena je prosječna vrijednost zapreminske mase čistog uglja za pojedine slojeve :

-Glavni ugljeni sloj  $1,29 \text{ t/m}^3 \times 10^{-3}$

- I krovni ugljeni sloj  $1,30 \text{ t/m}^3 \times 10^{-3}$

-II krovni ugljeni sloj  $1,37 \text{ t/m}^3 \times 10^{-3}$

Prosječna ponderisana vrijednost među slojne jalovine iznosi  $1,58 \text{ t/m}^3 \times 10^{-3}$ .

Izvršena kompletna ispitivanja ( elementarni sastav pepela, određivanje karbonata, tačke paljenja, DTA i TGA analize i određivanje zapreminske mase ) se odnosi na južni dio ovog revira, tj. rađena su samo na novim istražnim bušotinama.

S obzirom na analogne rezultate na ostalim dijelovima ugljevičkog ugljenog bazena parametri kvaliteta se mogu odnositi i na sjeverni dio revira, gdje nisu vršena laboratorijska ispitivanja ove vrste.

### 3. ANALIZA MOGUĆNOSTI I USLOVA PRIPREME I PRERADE UGLJA

Industrijska i poluindustrijska ispitivanja uglja sa područja ovog revira nisu vršena, radi relativno niskog stepena istraženosti.

Analiza mogućnosti i uslova pripreme i prerade uglja je data na osnovu analogije sa ispitivanjima izvršenim na revirima »Bogutovo Selo - Sjever i »Ugljevik - Istok».

Ugalj ovog bazena u cjelini je namjenjen za termoelektranu Ugljevik, te je zbog toga proces pripreme i prerade u mnogo pojednostavljen. nema klasičnog procesa separisanja uglja.

Vrši se samo mljevenje uglja više faza da bi se postigla određena finoća čestica, jer se ugalj za potrebe termoelektrane koristi u vidu praha.

Bitna karakteristika uglja vezana za proces mljevenja je *meljivost*, te bi u narednim fazama istraživanja bilo potrebno usmjeriti ispitivanja i na ovaj problem.

### 4. REZERVE UGLJA U LEŽIŠTU BALJAK

Osnovna metoda za proračun rezervi glavnog ugljenog sloja, korištena je metoda paralelnih profila, a od kontrolnih metoda korištena je metoda srednjeg aritmetičkog računanja.

Kao osnovna metoda proračuna rezervi krovnih ugljenih slojeva nije mogla biti korištena metoda profila, radi nekontinuiranog rasprostranjenja istih. Zbog toga kao kontrola proračuna korištena je metoda srednjeg aritmetičkog računanja.

Na osnovu postojeće mreže bušotina na ovom području su izdvojene rezerve C<sub>1</sub> kategorije.

Mreža bušotina zadovoljava maksimalna rastojanja predviđena Pravilnikom, koja iznose za *drugu grupu i drugu podgrupu* :

- po padu 500 m, a

- po pružanju 750 m.

U ovu kategoriju uvrštene su i rezerve dobijene ekstrapolacijom, koja iznosi 1/2 rastojanja propisanih Pravilnikom za ovu kategoriju.

#### 4.1. Postupka proračuna rezervi

Određivanje površine na profilima je vršeno računski, po formuli :

$$P = l \times dsr$$

Kod metode paralelnih profila zapremina rude u bloku između dva susjedna profila dobijena je množenjem poluzbira orudnjenih površina na profilima i rastojanja između profila, odnosno po jednačini :

$P_s = ( P_1 + P_2 ) / 2 \times L$ , pri čemu su utvrđene bilansne geološke rezerve uglja u ležištu »Baljak«, (tabela 4) i potencijalne rezerve.

#### 4.1.1. Geološke rezerve

Tabela 4. - Bilansne rezerve

ČISTI UGALJ		ROVNI UGALJ	
C <sub>1</sub> kategorije	(t)	C <sub>1</sub> kategorije	(t)
Glavni	61.632.000	Glavni	71.568.575
I Krovni	7.560.000	I Krovni	9.833.152
II Krovni	3.675.000	II Krovni	4.229.533
III Krovni	2.315.000	III Krovni	2.900.401
<b>Ukupno</b>	<b>75.182.000</b>	<b>Ukupno</b>	<b>84.442.328</b>

#### 4.1.2. Potencijalne rezerve

**C<sub>2</sub> kategorije (t) -----30.960.000 t**

Na povećanje rezervi je uticalo i proširenje granice C<sub>1</sub> rezervi u središnjem dijelu ležišta u odnosu na nekadašnju konturu.

Zapadni dio prema rijeci Janji je za sada nedovoljno istražen. Sa dosada raspoloživim podacima ovaj dio se može svrstati u rezerve C<sub>2</sub> kategorije.

Površina ovog perspektivnog dijela iznosi **2.000.000 m<sup>2</sup>**.

Područje istočno od sadašnje konture C<sub>1</sub> rezervi se ne smatra perspektivnim u pogledu povećanja rezervi uglja.

Prema sjeveru sve do rijeke Janje, se takođe može smatrati perspektivnim područjem u smislu povećanja rezervi uglja.

## 5. ZAKLJUČAK

Na ovom dijelu Ugljevičkog ugljenog bazena do sada je ukupno izvedeno **42** istražne bušotine, koje su raspoređene u mreži **500 X 700 m** u sjevernom dijelu, a u južnom **100 X 200** i **200 X 200 m**.

Sve bušotine su oprobavane radi utvrđivanja kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika uglja, pepela i međuslojne jalovine.

Ležište pripada grupi mrkih ugljeva sa prosječnom ponderisanom vrijednošću od **GTE 14.759 KJ/kg** do **DTE 13.267KJ/kg** (ovo je ponderisani toplotni efekat čistog uglja). Sadržaj pepela u čistom uglju je relativno nizak i iznosi oko **14,85 %**.

Po metodi paralelnih profila obračunate rezerve **čistog uglja C<sub>1</sub> kategorije** ( za sve slojeve ukupno ) iznose oko **75.182.000 t**, a **rovnog** oko **84.442.000 t**.

Osim rezervi C<sub>1</sub> kategorije, obračunate su i **potencijalne rezerve uglja C<sub>2</sub> kategorije** i iznose oko **30.960.000 t** za sve slojeve ukupno.

Iz odnosa dobijenih količina rezervi i površine na kojoj su utvrđene određena je prosječna ugljonosnost po jedinici površine i ona za **čisti** ugalj iznosi oko **23 t/m<sup>2</sup>**, a za **rovni** ugalj oko **26 t/m<sup>2</sup>**.

## LITERATURA:

1. Baraković, A., Mešković, A., Žunić, N., (2003.): Macerali centralnog ugljenog bazena Banovića, Naučni rad, Zbornik radova RGGF-a Univerziteta u Tuzli, broj: XXVI, 11-14, Tuzla
2. Baraković, A., Žunić, N., (2002.): Naučni pristup analizi opravdanosti podzemnih istražnih radova u odnosu na površinsko dubinsko istražno bušenje. Zbornik radova RGGF-a Univerziteta u Tuzli, broj: XXVI, 15-20 Tuzla
3. Baraković, A., (2007.): Opšta geologija. Univerzitetski udžbenik RGGF-a Univerziteta u Tuzli, 374, Tuzla
4. Ahac A., ( 1978 ) : Elaborat o rezervama uglja na ležištu Ugljevik – Istok ( II faza istraživanja ). FSD » Geoinstitut », Ilidža
5. Ahac A. & Mitrović D., ( 1985 . ) : Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja na području revira ugljevik – Istok III faza istraživanja, FSD » Geoinstitut » - Ilidža.
6. Buzaljko R. & Ahac A., ( 1983. ) : Projekat III faze, III podfaza istraživanja uglja na lokalitetu Ugljevik - Istok za 1985. godinu. FSD » Geoinstitut » - Ilidža.
7. Buzaljko R., ( 1987. ) : Projekat ( Aneks istraživanja uglja na graničnom području između revira Ugljevik – Istok » i » Baljak » za period decembar 1987 – mart 1988 godine. FSD » Geoinstitut » - Ilidža.
8. Čičić S., ( 1959. ) : Geološki sastav i tektonika ugljonosnog terena Zabrđe – Ugljevik i njihove bliže okoline. FSD » Geoinstitut – Ilidža.
9. Čičić S.; i ostali saradnici ( 1962. ) : Rezultati geoloških istraživanja u Ugljeviku obavljenih u 1960/61 godini sa obračunom rezervi uglja.
10. Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima ( Službeni list SFRJ br. 53/79 )
11. Zakon o geološkim istraživanjima ( Službeni glasnik Republike Srpske br. 51/04 )
12. Tomić, R., (2008.): Diplomski rad „ Geološka građa i potencijalnost uglja *Baljak* u Ugljevičkom bazenu; RGGF Univerzitet u Tuzli.

# **MINERALOŠKO-PETROGRAFSKE I TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE GLINA SA LEŽIŠTA „ČAVKA“ KOD BUSOVAČE**

Dr. Amra Hamzabegović, dipl.ing.geol  
Zemaljski muzej BiH, sarajevo

Dr. Milan Stević, red.prof.  
Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla

Dr. Mustafa Mulalić, dipl.ing.geol.  
„RMU Zenica“, Zenica

Zaim Džuzdanović, dipl.ing.geol  
„Termozigel Nigma“ d.o.o. Busovača, Busovača

## **UVOD**

Ležište gline „Čavka“ nalazi se u sarajevsko-zeničkom neogenom basenu u neposrednoj blizini Busovače. glinu sa ovog ležišta spominju se još u I svjetskom ratu kada je i eksploatisana od strane privatnika za potrebe željezar Zenica i Vareš.

Korisnu supstancu čine pelitsko-psamitski sedimenti koji se smjenjuju u vidu slojeva i veoma rijetko u vidu sočiva. Rad se bazira na određivanju mineraloško-petrografskog sastava i tehnoloških karakteristika.

## **1. MAKROSKOPSKI OPIS I PRIPREMA UZORAKA ZA ISPITIVANJA**

Uzorci glina sa ležišta „Čavka“ u svježem stanju su žute do žutosmeđe boje sa sitnim nepravlnim zrnima limonita i oolitima željeza. Pod prstima glina je ljepljiva, plastična i da se dobro oblikovati. Pod prstima na mjestima se osjete sitni fragment u jako trošnom stanju. Kada se odstranila glina sa fragmenata čistim ispiranje ustanovljeno je da se radi o jako transformisanim i trošnim škriljcima.

Za potrebna predviđena laboratorijska ispitivanja uzorci su se morali pripremiti. Metodom četvrtanja izdvojena je potrebna količina uzoraka. Za granulometrijska i hemijska ispitivanja izdvojeni uzorci su se sušili na sobnoj temperaturi i u sušnici na 105°C do stalne težine. Od svježih uzoraka za keramičko-tehnološka ispitivanja pravile su se odgovarajuće forme valjkastog oblika i kockaste forme dimenzija 6x6x2 cm (sl.1).



Slika 1. – Pripremanje uzoraka za ispitivanja

## 2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

U svrhu određivanja mineraloško-petrografskog sastava izvršena su laboratorijska ispitivanja. Na pripremljenim uzorcima pristupilo se određivanju granulometrijskog sastava, mineraloško-petrografskog sastava, hemijskog sastava i keramičko-tehnoloških karakteristika.

### GRANULOMETRIJSKA ANALIZA

Za određivanje granulometriskog sastava koristile su se dvije metode:

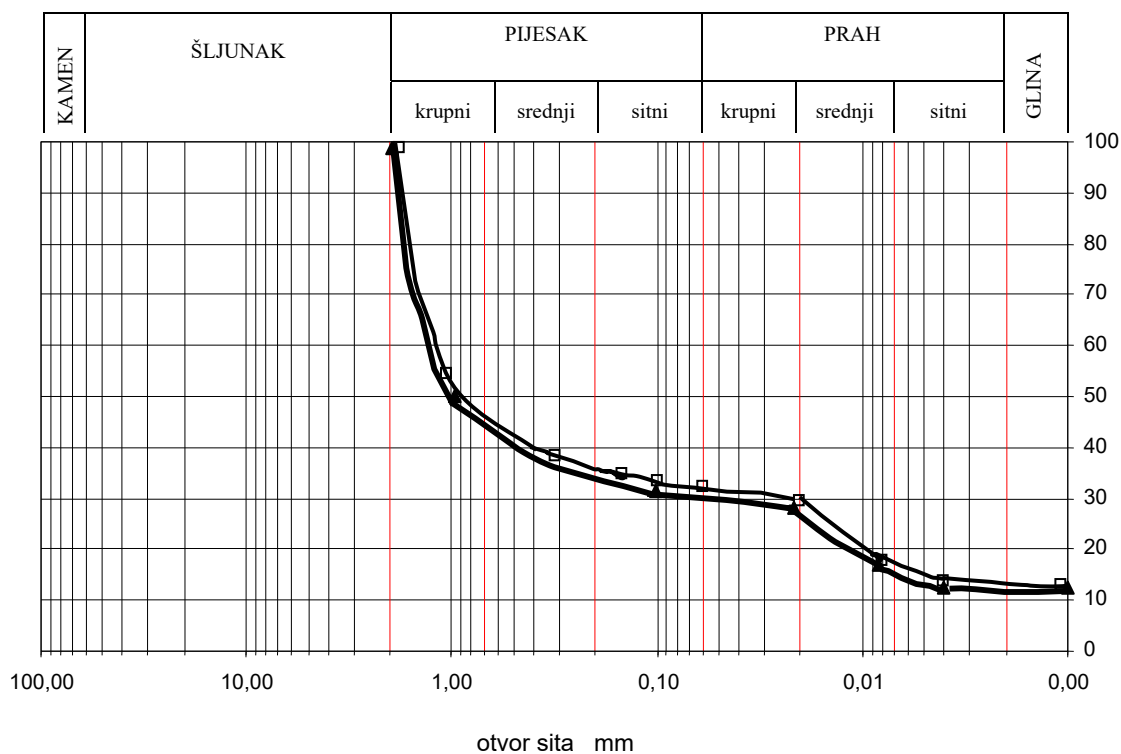
- metoda prosijavanja, za frakcije veće od 0,09 mm
- metoda areometrisanja, za frakcije ispod 0,09 mm

Za metodu prosijavanja koristili su se prethodno osušeni uzorci. Pomoću ove metode odvojile su se frakcije iznad 0,09 mm i frakcije ispod 0,09 mm koje su dalje ispitivane metodom areometrisanja.



Frakcije	U-1	U-2
+0,06	31	32
0,06 – 0,02	30	33
0,02 – 0,006	24	22
-0,006	15	13
Pijesak	31	32
Prah	54	55
Glina	15	13

Na dijagramu granulometrijskog sastava (sl.2) jasno se uočava nešto veća zastupljenost praškaste frakcije.



Slika 2.-Dijagram granulometrijskog sastava

## 2.2.MINERALOŠKO-PETROGRAFSKA ANALIZA

Kvantitativna mineraloško-petrografska analiza urađena je na ostatku frakcije pijeska, prašine i frakcije ispod 0,006 mm (tab.1. i 2.).

Tabela br.1 – uzorak U-1

frakcije u mm	pijesak 2,0 – 0,06	prah 0,06 – 0.005	glina ispod 0,005	ukupno
procenat	31	54	15	100
kvarc	24,5	26,6	0,5	51,6
feldspat	2,6	2,3	-	4,9
liskun	0,8	1,8	-	2,6
hlorit	3,1	0,4	-	3,5
vermikulit	-	1,8	-	1,8
hidroliskun	-	7,9	6,4	14,3
kaolinit	-	6,9	5,6	12,5
halozit	-	4	2,5	6,5
karbonat	-	-	-	-
limonit	-	2,3	tr	2,3

Tabela 2. – uzorak U-2

frakcije u mm	pijesak 2.0 – 0.06	prah 0,06 – 0.005	glina ispod 0,005	ukupno
procenat	32	55	13	100
kvarc	27,9	26,6	1,2	55,7
feldspat	2,8	2,7	-	5,5
liskun	0,8	1,7	-	2,5
hlorit	0,5	0,7	-	1,2
vermikulit	-	1,8	-	1,8
hidroliskun	-	7,5	3,3	10,8
kaolinit	-	6,9	3,6	10,5
halozit	-	4,8	4,5	9,3
karbonat	-	-	-	-
limonit	-	2,3	0,4	2,7

Dobijeni rezultati jasno ukazuju da se radi o prašinastoj glini i to hidroliskunsko-kaolinskoj glini sa dominirajućim kvarcom i ostalim mineralima čiji se sadržaj kreće u dozvoljenim količinama u kojima ne može znatno da utiče na kvalitet gline i dobijenih pečenih proizvoda.

Poznavanje materijalnog sastava gline, odnosno učešća pojedinih minerala glina kao i neglinovitih minerala daje mogućnost definisanja tipa glina (Tošović, R., 1998) u skladu sa određenim karakteristikama sa mogućnošću njene primjene prema zahtjevima industrije.

## HEMIJSKA ANALIZA

U hemijskom sastavu glina glavne komponente su  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}$ , gdje dominira  $\text{SiO}_2$  i kreće se od 40% do 70%. Prisustvo  $\text{K}_2\text{O}$  je uvijek vezano za sadržaj hidroliskuna. Na osnovu samo hemijskog sastava ne može se direktno utvrditi količina prisutnih minerala, jer hemijski sastav glina zavisi od razmjene anjona i katjona sa sredinom koja ih okružujem, a što utiče na fizička svojstva glina.

Tabela 3. Hemijski sastav ispitanih uzoraka

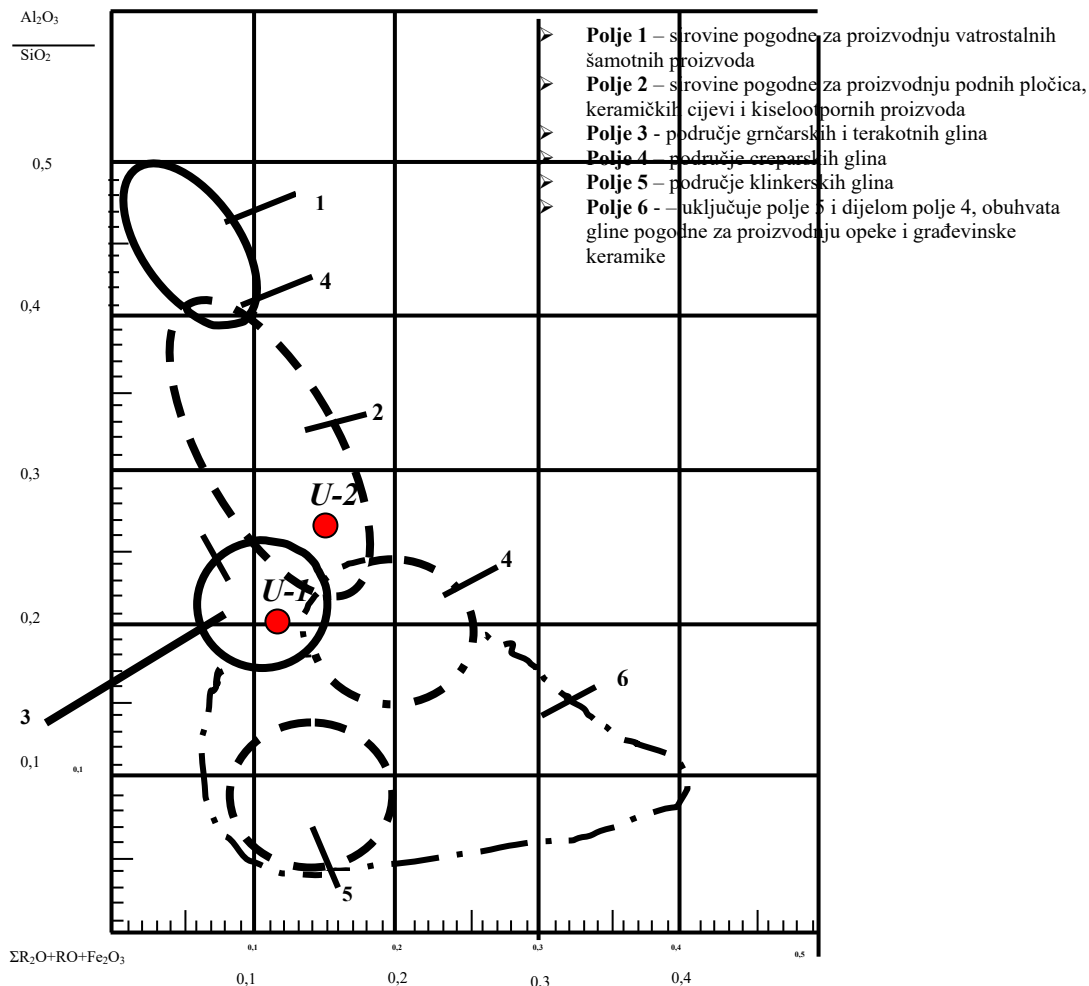
	U-1	U-2
$\text{SiO}_2$	58,83	54,72
$\text{TiO}_2$	0,70	0,90
$\text{Al}_2\text{O}_3$	20,87	23,51
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	9,66	10,23
$\text{MnO}$	0,19	0,15
$\text{MgO}$	1,21	1,91
$\text{CaO}$	0,23	0,45
$\text{Na}_2\text{O}$	0,90	0,70
$\text{K}_2\text{O}$	1,93	1,90
$\text{CO}_2$	tr.	tr.
$\text{SO}_3$	0,03	0,12
$\text{H}_2\text{O}^{110^\circ\text{C}}$	1,74	1,98
$\text{H}_2\text{O}^{1000^\circ\text{C}}$	3,71	3,43
$\Sigma$	100,00	100,00

U glinama su anjoni sulfatni, hlorni, nitratni i fosfatni i lako podliježu zamjeni katjona  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  i  $\text{NH}_4^{++}$  pri čemu se mijenjaju osobine glina. Do zamjena može doći pri kontaktu sa vodom ili bez vode. Kiseli ili bazični karakter gline zavisi od količine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{SiO}_2$ . Hemijska analiza je urađena na dva uzorka U-1 i U-2 te je ista prikazana na dijsgrsmu 4. sliks 3.

U glinama  $\text{SiO}_2$  može da se javi kao mineral ili može da bude vezan za rešetku glina i ostalih silikatnih minerala koji se nalaze u sastavu uzorka gline. Kada se javlja kao mineral tada ulazi u sastav pjeskovite i prašinaste frakcije.

Za razliku od  $\text{SiO}_2$  oksid  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nikad se ne pojavljuje kao mineral nego se nalazi samo i uvijek u sklopu mineralnih rešetki. Sa povećanim učešćem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  u hemijskom sastavu gline povećava se vatrostalnost gline. Kako se vidi iz hemijskih analiza uzoraka U-1 i U-2 nešto je veći sadržaj  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , a samim tim i gline sadrže povećane vatrostalne karakteristike.

Rezultati hemijske analize odabranih uzoraka prikazani su u tabeli 1. Od elemenata koji daju boju glini najviše je zastupljen  $\text{F}^{3+}$  (daje crvenu boju), a elementi  $\text{Fe}^{2+}$  i  $\text{Mn}$  (daju crnu boju) i zastupljeni su u manjim količinama.



Slika 3. Dijagram primjenjivosti glina sa ležišta „Čavka“ kod Busovače

Da bi se definisao kvalitet i primjenjivost glina na osnovi silikatne hemijske analize potrebno je izvršiti proračunavanje određenih parametara i to odnose količina  $Al_2O_3/SiO_2$  kao i sadržaj štetnih komponenti  $R_2O + RO + Fe_2O_3$  (Baraković, A. 2004). Nanošenjem rezultata preračunatih komponenti na dijagram primjenjivosti (sl.3.) određen je kvalitet i primjenjivost ispitanih uzoraka.

#### 4. FIZIČKA I KERAMIČKO - TEHNOLOŠKE ISPITIVANJA

Ova proučavanja obuhvataju određivanje zapremne težine, vlažnosti, granice plastičnosti, skupljanja. Rezultati su prikazani na tabeli 3.

Tabela 4.

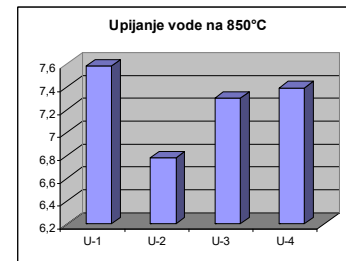
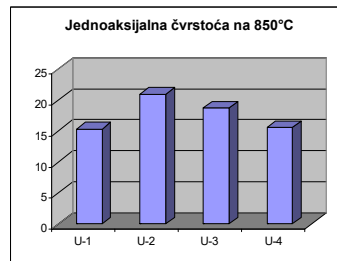
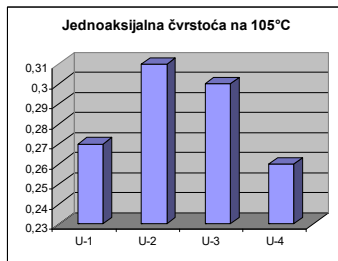
	U-1	U-2
ZAPREMINSKA TEŽINA $\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	21,3	21,6
PRIRODNA VLAGA (%)	16,8	18,1
GRANICA PLASTIČNOSTI $w_p$ (%)	19,8	19,5

Od uzoraka U-1 i U-2 napravljene su probne pločica dimenzija 6x6x2 cm na kojima se pratilo skupljanje u toku sušenja na sobnoj temperaturi. Uzorci su sušeni 10 dana i toku sušenja skupljanje se odvijalo lagano tako da je nakon 10 dana skupljanje je bilo oko 0,98% za uzorak U-1 i oko 0,95% za uzorak U-2. Granica plastičnosti se kreće od 19,8 do 19,5 % tako da glina sa ovog ležišta se može svrstati u dobro plastične gline.

Keramičko - tehnološka ispitivanja izvršena su na četiri kompozitna uzorka U-1, U-2, U-3 i U-4. Određena je jednoosijalna čvrstoća sušenih i pečenih proizvoda kao i karakteristika upijanja vode kod pečenih proizvoda. Uzorci su se sušili u sušnici na 105°C i žarili na 850°C.

Tabela br.5.

	U-1	U-2	U-3	U-4
JEDNOAKS. ČVRS.NA 105°C (MPa)	0,27	0,31	0,30	0,26
JEDNOAKS. ČVRS.NA 850°C (MPa)	15,4	21,00	18,72	15,6
UPIJANJE VODE NA 850°C	7,58	6,78	7,30	7,39



Slika 4. Tehnološke karakteristike sušenih i pečenih uzoraka

Dobijeni rezultati prikazani na tabeli br. 5. ukazuju na vrlo povoljne karakteristike u pogledu čvrstoće na pritisak kao i ponašanje pri sušenju i pečenju. Pri ispitivanju nisu zapažene pojave iscjetavanja što ukazuje da ispitivani uzorci ne sadrže štetne soli ili ih sadrže u veoma maloj količini koja ne izaziva oštećenja.

Na prikazanim dijagramima (sl.4.) može se uočiti približno isto ponašanje sušenih i pečenih uzoraka.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata izvršenih ispitivanja gline sa ležišta „Čavka“ kod Busovače može se zaključiti:

- gline sa ležišta „Čavka“ makroskopski su prašinate gline sa uklopcima limonita i oolita željeza,
- granulometrijska analiza je pokazala da se radi o prašinastoj glini jer u njenom sastavu je zastupljeno: pijeska od 31 do 32% i praha od 54 do 55%,
- mineraloško-petrografskim analizama je utvrđeno da se radi o hidroliskunsko-kaolinskoj glini,
- hemijska analiza je pokazala povećan sadržaj  $Al_2O_3$  što povećava vatroostalne karakteristike ispitivanih glina i
- fizička i keramičko-tehnološka ispitivanja pokazala su da se radi o glinama sa zadovoljavajućim keramičko- tehnološkim parametrima te kao takva može da se koristi za izradu pune opeke, šuplje opeke, a zbog svojih izraženih vatroostalnih karakteristika može se koristiti i za vatroostalne proizvode, što je poželjno dodatno ispitati.

## 7. LITERATURA

1. Baraković, A. (2004): Kriterijumi sa parametrima primjenjivosti kaolinskih sirovina Bosne i Hercegovine, Geologija ležišta keramičkih glina Bosne i Hercegovine, st.114-159, Tuzla
2. Čičić, S. & Pudar, N. (1973): Geološko-rudarske i tehno-ekonomske karakteristike ležišta glina u Bosni i Hercegovini, Geol. glasnik 17, st.203-259, Sarajevo.
3. Tošović, R. (1998): Genetsko modeliranje ležišta glina u funkciji efikasnije eksploatacije, Drugo međunarodno savjetovanje o površinskoj eksploataciji glina, st. 41-47, Ruma.
4. Dokumentacija „Termozigel Nigma“ Busovača.

# LEŽIŠTE OPEKARSKIH GLINA „KRUHARI“ KOD SANSKOG MOSTA

Dr. Amra Hamzabegović, dipl.ing.  
Zemaljski muzej BiH, Sarajevo

Dr. Milan Stević, red prof.  
Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla

## 1. UVOD

Ležište „Kruhari“ nalazi se na platou riječne tarase Sane jugoistočno od Sanskog Mosta. Sa sjeveroistočne i istočne strane ležište je ograničeno putem Kruhari-Sanski Most. Na površini ležišta nalazi se zaglinjen humusni prekrivač debljine 0,2 m – 0,6 m, poslije koga zaliježu glineni slojevi različitih boja. U gornjim dijelovima se nalaze tamnije gline sa više izraženom pjeskovitošću dok u dubljim slojevima sve je manja pjeskovitost. Produktivni sloj leži preko laporaca poslije kojih dolazi zaglinjeni pijesak i zaglinjeni šljunak. Pojedini slojevi predstavljaju smjesu sivih i žutih glina.

## 2. GEOLOŠKE I INŽENJERSKO – GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA „KRUHARI“

Opekarske gline na ležištu „Kruhari“ izgrađene su od klastične i glinovite litofacije. Klastična litofacija je otkrivena na jugozapadnim i zapadnim padinama u trakama širine oko 15 m i izgrađuje obodni dio ležišta. Potrebno je istaći da ona predstavlja bazalni dio riječne terase, koja leži neposredno preko miopliocenskih laporaca u podinskom dijelu. Pojavljivanje naslaga glina na mjestima je sočivasto. Sastav klastične litofacije čini glinoviti pijesak i glinoviti šljunak koji je u odnosu na glinoviti pijesak u podređenoj količini. Pijesak je uglavnom izgrađen od kvarca i roznaca. Glinovita litofacija je produktivni dio riječne terase i leži neposredno preko glinovitog šljunka i pijeska u vidu sloja koji isklinjava u graničnim dijelovima ležišta. Najveća debljina glinovitog sloja je 14 m, a najmanja 1,8 m. U površinskom dijelu se nalazi glinoviti humus čija debljina iznosi od 0,2 do 0,6 m. U višim slojevima glinenih naslaga uočljiva je pojava gvoždevito-manganskih nakupina.



Slika 1. Produktivni sloj glina na ležištu „Kruhari“

Boja glinenih naslaga je raznolika i kreće se od svjetlo žute do tamno-žute, smeđe, čokoladno mrke sve do crne boje, zatim različitih nijansi sive boje. Makroskopski se može kod žutih glina uočiti vertikalna zonarnost (sl. 1.) U višim nivoima gline su tamnije, posnije i pjeskovitije, dok idući na veće dubine gline su svjetlije, plastičnije i sa manjim sadržajem pjeska. Zonarnost nije prisutna na cijelom ležištu. Na mjestima svjetložute gline haotično su izmješane sa plavičasto-svjetlo sivim glinama.

### 3. MINERALOŠKO-PETROGRAFSKI I HEMIJSKI SASTAV

U okviru ovih ispitivanja određen je hemijski sastav glina, reakcija na karbonate, mineraloško-petrografski, granulometrijski sastav.

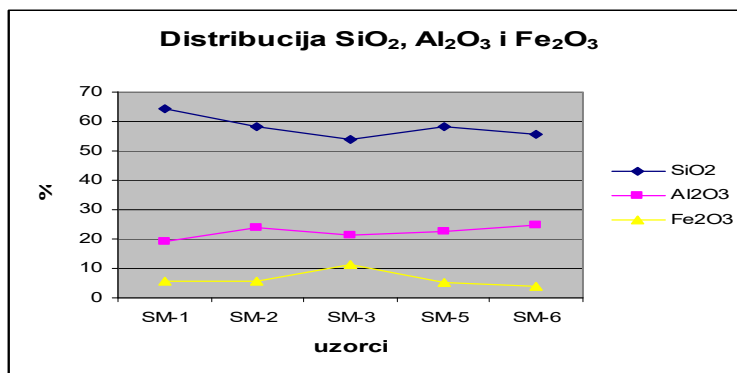
#### 3.1. HEMIJSKA ANALIZA

Za hemijske analize uzeto je 5 uzoraka koji su označeni: SM-1, SM-2, SM-3, SM-5 i SM-6 (tabela br.1.). U hemijskom sastavu glina glavne komponente koje se prate su  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}$ . U prikazanim rezultatima vidi se povećan sadržaj  $\text{SiO}_2$  u odnosu na sadržaj drugih komponenti. Ovakav sadržaj  $\text{SiO}_2$  dolazi iz razloga što se radi o silikatnim mineralima gdje spadaju gline i drugi minerali koji ulaze u sastav.  $\text{SiO}_2$  u glinama može da se javlja u dva oblika i to u sklopu mineralne rešetke ili kao mineral, te u tom obliku ulazi u pjeskoviti sadržaj.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nikada se ne javlja kao sam mineral, uvijek je u sklopu mineralnih rešetki. Njegov povećan sadržaj povećava vatrostalnost glina.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se takođe može pojaviti u obliku minerala npr. hidroksida željeza limonita ili oksidi željeza u nepravilnim zrnima sitne frakcije. Sadržaj  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ukazuje na prisutnost ilita, liskuna ili klorita. Prisustvo  $\text{K}_2\text{O}$  je zbog kalijevih oksida ilita i liskuna. Na vatrostalnost glina utiče povećan sadržaj  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Na boju pečenih proizvoda od gline utiče sadržaj  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tako što  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  daje lijepu crvenu boju, dok pod uticajem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  proizvodi dobijaju bijelu boju.

Tabela br.1. – Hemijski sastav glina sa ležišta „Kruhari“

	SM-1	SM-2	SM-3	SM-5	SM-6
$\text{SiO}_2$	64,44	58,43	53,70	58,34	55,60
$\text{TiO}_2$	0,66	1,07	1,32	1,26	1,06
$\text{Al}_2\text{O}_3$	19,27	23,85	21,19	22,42	24,86
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5,52	5,57	11,29	5,43	4,11
$\text{FeO}$	0,55	0,56	1,13	0,54	0,41
$\text{MnO}$	0,08	0,18	0,38	0,15	0,21
$\text{MgO}$	0,60	0,73	0,50	0,72	0,83
$\text{CaO}$	0,36	0,58	0,69	0,58	0,32
$\text{Na}_2\text{O}$	0,10	0,02	0,39	0,04	1,20
$\text{K}_2\text{O}$	1,71	2,30	2,70	3,81	4,70
$\text{H}_2\text{O}$	6,71	6,71	6,71	6,71	6,71
$\Sigma$	100,00	100,00	100,00	100,00	100,01

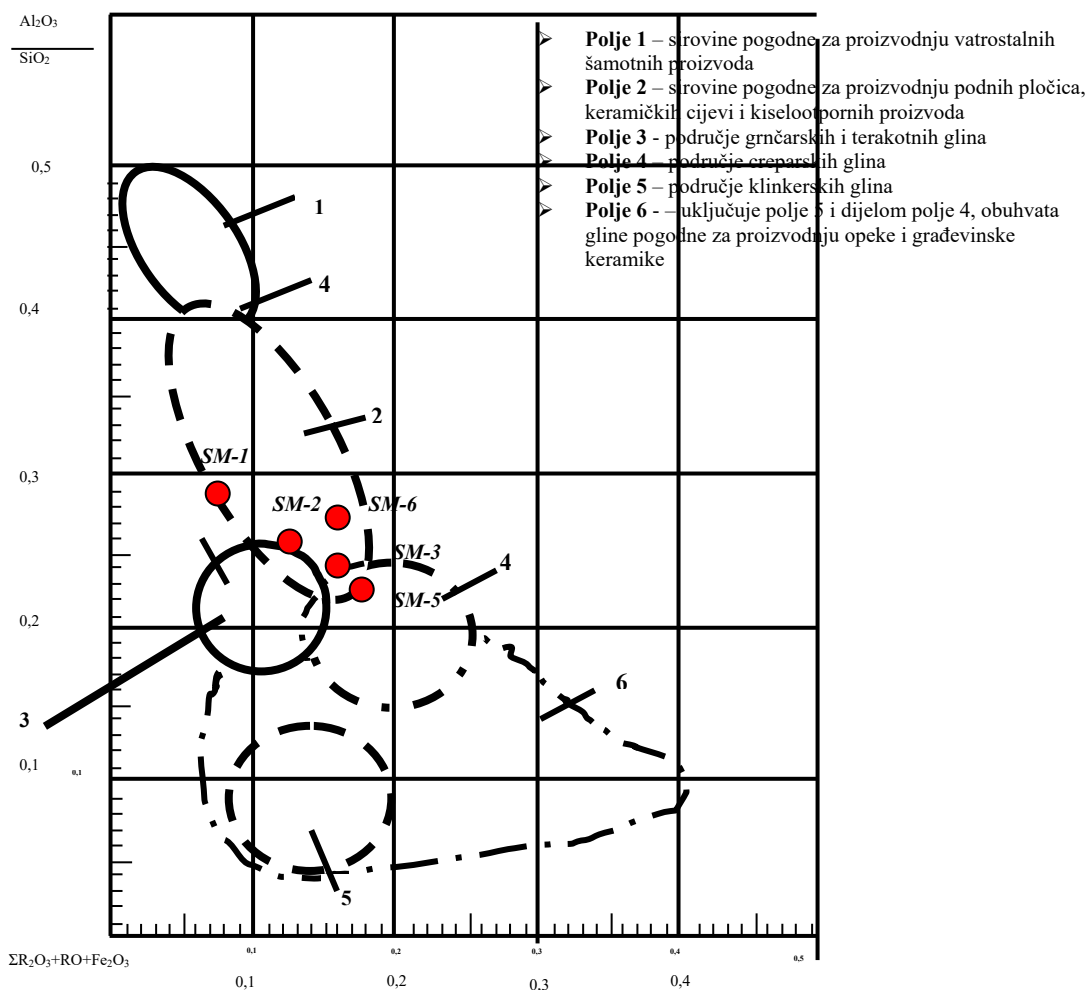




Slika 2. Distribucija SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Ako se posmatra dijagram distribucije komponenti SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (sl.2) koji su važni za kvalitet i estetski izgled pečenih proizvoda od gline može se zaključiti da pri svakom povećanju SiO<sub>2</sub> dolazi do opadanja sadržaja Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i obrnuto.

Takođe na osnovu hemijskog sastava i proračuna molekularnog odnosa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> i molekula štetnih komponenti i topitelja (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dobiju se parametri koji se nanose na



Slika 3.- Dijagram primjenjivosti glina sa ležišta „Kruhari“ (Avgustinik, 1957)

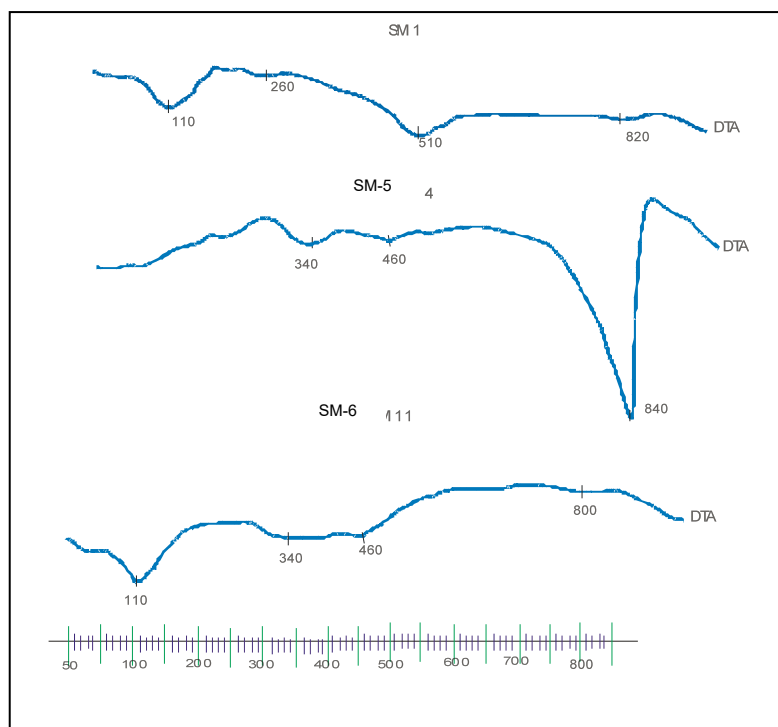
dijagram (Avgustinik, 1957) i određuje se primjenjivost glina. Na osnovu dijagrama primjenjivosti glina (Sl. 3.) vidi se da gline sa ležišta „Kruhari“ imaju dobar kvalitet za primjenu u proizvodnji za širi asortiman opekarskih proizvoda. Uzorak SM-1 i SM-2, SM-3 i SM-6 nalaze se u „polju 2“ koje je predviđeno za proizvodnju za podne pločice, keramičke cijevi i kiselo otporne proizvode. Osim toga uzorak SM-2 graniči sa „poljem 3“ koje predstavlja područje grnčarskih i terakotnih glina, dok uzorak SM-3 graniči sa „poljem 4“ u kojem se nalazi uzorak SM-5, a to polje je područje crijeparskih glina. Za proizvodnju crijepa pogodna je glina visokog kvaliteta što posjeduju ova dva uzorka kako je prikazano na dijagramu. S obzirom da sva tri materijala idu u zajedničko odležavalište gdje se vrši njihova homogenizacija koja dovodi do potpunog trošenja glinenih minerala i do stvaranja sitno disperznih čestica što poboljšava plastične karakteristike gline može se smatrati da glina sa ovog ležišta spada u gline visokog kvaliteta.

### 3.2. MINERALOŠKO PETROGRAFSKI SASTAV

Da bi se odredio mineraloško-petrografski sastav glina sa ležišta „Kruhari“ koristile su se: DTA (diferencijalno termiske analize), rendgenske analize, i analize elektronskim mikroskopom.

#### 3.2.1. Diferencijalno-termiske analize

Za diferencijalno termiske analize uzeta su tri uzorka SM-1, SM-5 i SM-6. Uzorak SM-1 je žutosmeđa glina sa utruscima Mn nepravilnog oblika i veoma sitne frakcije; SM-5 je laporovita glina i SM-6 je kompozitni uzorak sa vanjske deponije.

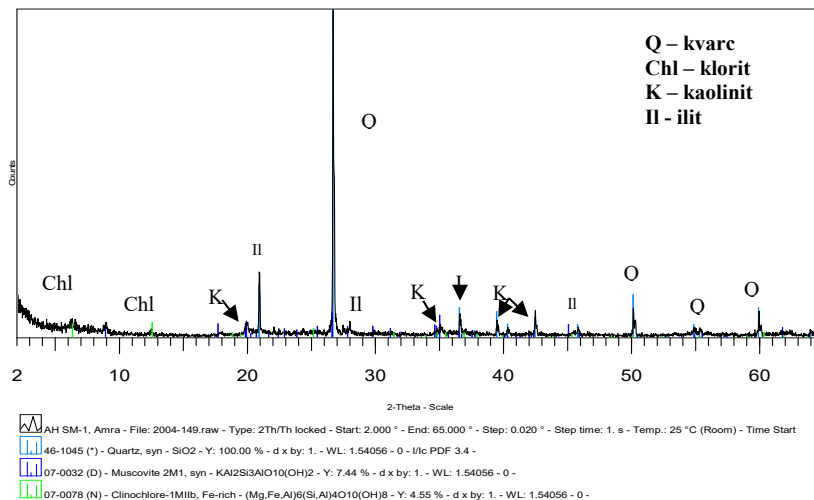


Slika 4. Diferencijalno termijske analize uzoraka

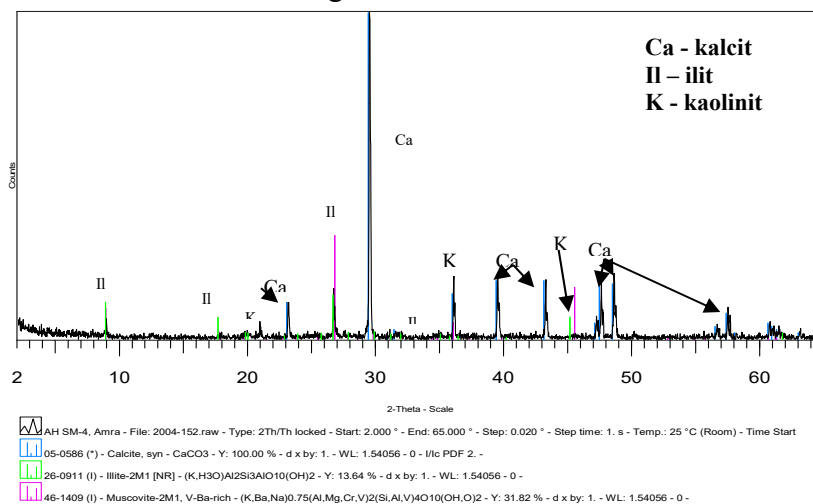
Uzorci SM-1 i SM-6 pri ovoj analizi pokazuju slične karakteristike. Kod njih je izražen endotermni pik na 110°C koji je tipičan za otpuštanje vlage i absorbovane vode. Egzotermni pik karakterističan za oksidaciju nekih komponenti i sagorijevanje prisutnih organskih materija na uzorku SM-1 je od 110°C do 260°C, a na uzorku SM-6 od 110°C do 340°C. Endotermni pik od 460°C (SM-5) do 510°C (SM-1) pokazuje otpuštanje hidratne vode. Jako slabi endotermni pik na 820°C (SM-1) i na 800°C (SM-6) predstavlja razlaganje kalcita. Pik je slab zbog malog sadržaja kalcita. Uzorak SM-5 ima najintenzivniji endotermni pik na 840°C koji pripada kalcitu i pokazuje izdvajanje CO<sub>2</sub>. Endotermni pik na 565°C pokazuje povratni fazni prelaz βSiO<sub>2</sub>↔αSiO<sub>2</sub>. Između 700-800°C dolazi do hemijske reakcije između čvrstih komponenti silikata i aluminata.

### 3.2.2. Rentgenska analiza

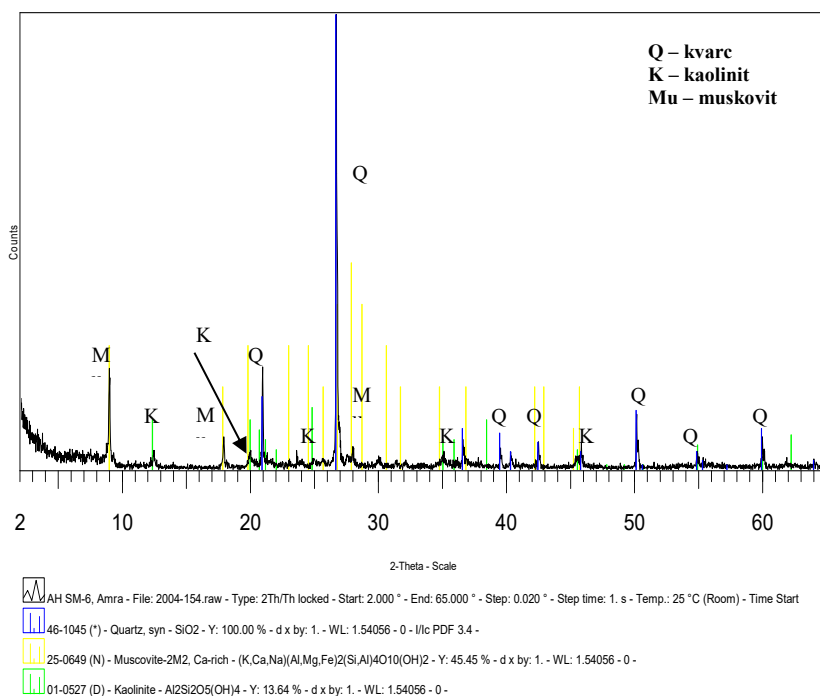
Za rendgensku analizu odabrana su tri ista uzorka kao i za prethodnu DTA.



Slika 5.– Rendgenska analiza uzorka SM-1 sa ležišta «Kruhari»



Slika 6. - Rendgenska analiza uzorka SM-5 sa ležišta «Kruhari»

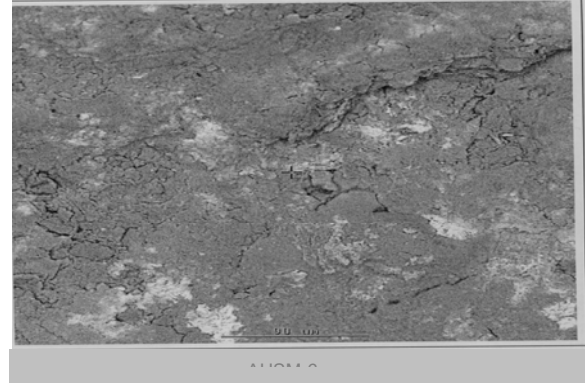
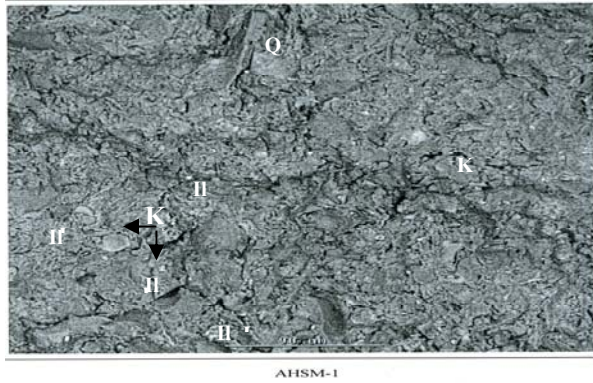


Slika 7. - Rendgenska analiza uzorka SM- 6 sa ležišta «Kruhari»

Uzorak SM-1 (sl. 5.) predstavlja mješavinu sastavljenu od minerala glina kaolinita i ilita pored kojih u sastav ulaze kvarc i klorit. Rentgenskom analizom uzorka SM-5 (Sl. 6.) koji se nalazi u podini ležišta, uočen je sadržaj Ca uz prisutne minerale ilita i kaolinita. Nakon rendgenske analize ustanovljeno je da se radi o laporovitoj glini u čijem sastavu dominira kalcij pomiješan sa mineralima gline ilitom i kaolinitom. Uzorak je inače sive boje i reaguje sa HCl pa prema tome može se zaključiti da se radi o laporcu. U sastav uzorka SM-6 (sl. 7.) pored minerala gline kaolinita nalazi se i muskovit.

### 3.2.3. Analiza elektronskim mikroskopom

Da bi se utvrdio mineraloško – petrografski sastav urađena je analiza na uzorcima SM-1 i SM-3 (sl.8.) elektronskim mikroskopom. Na snimku uzorka SM-1 vidi se izražen reljef u kojem nema sačuvanih kristala minerala glina. Kristali nisu sačuvani zbog načina nastanka i transporta glina, jer nisu imali prostora u kojem uobičajeno dolazi do njihovog formiranja i rasta.



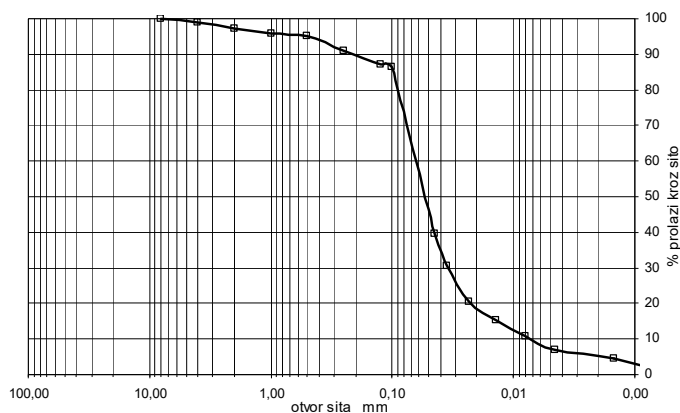
Slika 8. - Slika napravljena elektronskim mikroskopom na uzorcima SM-1 i SM-6  
(II – ilit, Q – kvarc, K – kaolinit)

Na snimku se vide zrna kvarca različite krupnoće koja ispunjavaju prazne prostore u pukotinama koje su izražene u cijelom uzorku. Zrna kvarca spadaju u pjeskovitu frakciju. Po cijelom uzorku jasno se vide gnijezda ilita i bijele fleke kaolinita. Reljef čine glina i sitna zrna kvarca formirajući isprepletani skelet bez reda. Ovakav način sedimentacije ukazuje da se taloženje odvijalo u dinamički nestabilnim uslovima.

Na uzorku gline SM-6 uočen je ravnomjeran raspored kaolinita i ilita. Struktura je isprepletano vlaknasta. Zrna pijeska kao kod prethodnog uzorka nisu izražena, vjerovatno se radi o veoma sitnim frakcijama. Analiza elektronskim mikroskopom urađena je u cilju određivanja mineraloško-petrografskog sastava, formi minerala i njihove identifikacije, teksture, strukture uzoraka. Zbog transporta minerala prije sedimentacije forme kristala su izgubile habitus tako da se nisu mogle naći neoštećeni kristali glina.

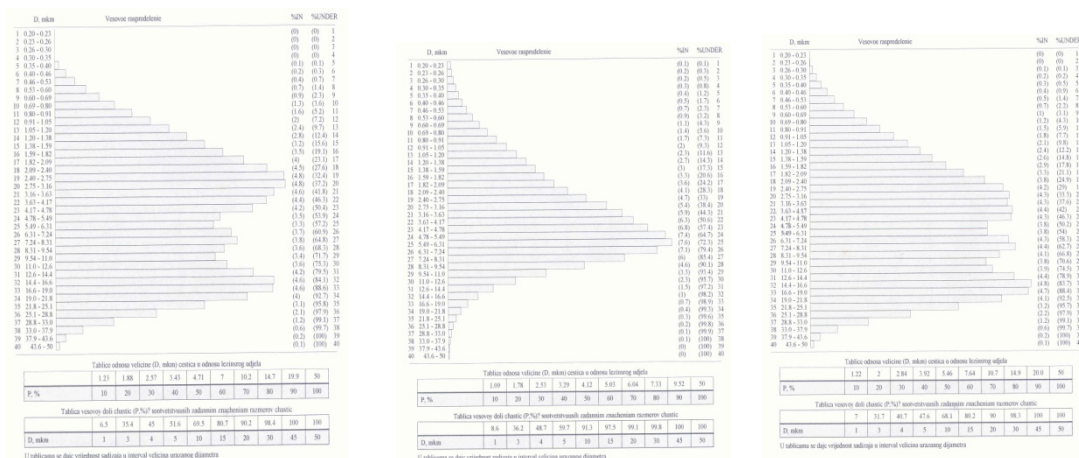
#### 4. KERAMIČKO - TEHNOLOŠKA SVOJSTVA GLINA

Da bi se pristupilo određivanju keramičko tehnoloških svojstava gline urađena je granulometrijska analiza i na taj način odredile krupnoće koje su zastupljene u frakcijama. Granulometrijski sastav bitno utiče na mnoge karakteristike kao što su skupljanje, vodopropustljivost i vlažnost. Granulometrijski sastav glina određen je mokrim prosijavanjem sa kompletnom sita i areometrijskom metodom. Glinene čestice se u vodi se ne rastvaraju nego lebde u vodi, a nakon mirovanja postepeno se talože te dolazi do izdvajanje čiste vode i glinenih čestica. Uglavnom su vidljive pod mikroskopom mada dio njih se može vidjeti i golim okom.



Slika 9. – Dijagram granulometrijskog sastava uzorka SM-6

kao provjera urađena je metoda na principu laserskog brojača čestica na instrumentu Micro Sizer 201 C. Laserski izvor zračenja je poznate talasne dužine, a uzorak za ispitivanje se priprema sa suspenzijom natrijum pirofosfat + destilovana voda + uzorak u prahu. Na osnovu određenog granulometrijskog sastava materijal se može razvrstati na sitnozrnasti koji ima više od 50% čestica sitnijih od 0,002mm.



Slika 10. Dijagram uzorka SM-1, SM-5 i SM-6

Na uzorcima iz ležišta «Kruhari selektivno su odabrani uzorci SM-1, SM-5 i SM-6 te je na njima urađena granulometrijska analiza. Uzorak SM-1 pokazuje da 69,5% čestica je manje od 10 μ, i da 50% uzorka sadrži čestice prečnika 4,71 μ. Prečnik 4,12 μ ima 50% uzorka SM-5, a čestica manjih od 10 μ sadrži 91,3 % uzorka. Što se tiče uzorka SM-6 koji je ustvari kompozitni uzorak uzet sa deponije i predstavlja smjesu svih slojeva koje su dobro izmješane i pokazuje da uzorak sadrži 68,1% čestica manjih od 10 μ, dok 50% uzorka sačinjavaju čestice krupnoće 5,46 μ. Na osnovu dijagrama (Sl. 10.) može se zaključiti da je najveća pjeskovitost zastupljena u uzorku SM-5, dok druga dva uzorka imaju približno iste dimenzije čestica. Dijagram uzorka sa deponije SM-6 pokazuje bimodalni raspored čestica kao i uzorak SM-1. Najsitnije čestice krupnoće od 0,23 μ do 0,35 μ pokazuje zastupljenost od 0,1% do 0,2%. Identifikacijom ostatka na situ konstatovano je kvarc u dominantnoj količini dok ostale minerale čine degradirani feldspat, liskun i limonit.

Ispitivani uzorci imaju uglavnom ujednačen mineralni sastav i to hidroliskunske kaolinske gline. U okviru granulometrijske analize kvantitativno su izdvojene frakcije pijeska, praha i gline. U svim uzorcima je dominantna prašinasta frakcija, dok frakcije pijeska su malo zastupljene.

#### 4.1. Keramičko tehnološki parametri

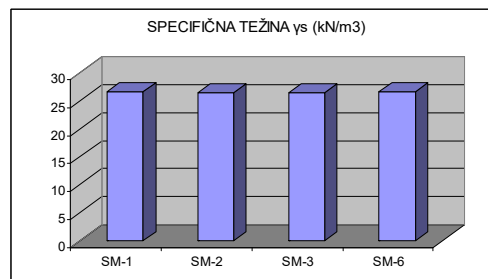
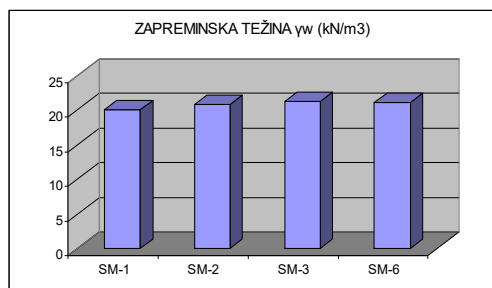
Pri ovim ispitivanju određeni su sljedeći parametri:

- zapreminska i specifična težina,
- prirodna vlažnost i poroznost,
- parametri otpornosti na smicanje  $c$  i  $\varphi$
- jednoaksijalna čvrstoća na pritisak
- upijanje vode na 850°C
- linearno skupljanje na 105°C
- linearno skupljanje na 850°C
- jednoaksijalna čvrstoća na pritisak na 850°C

Vrijednosti su prikazane na tabeli 2.

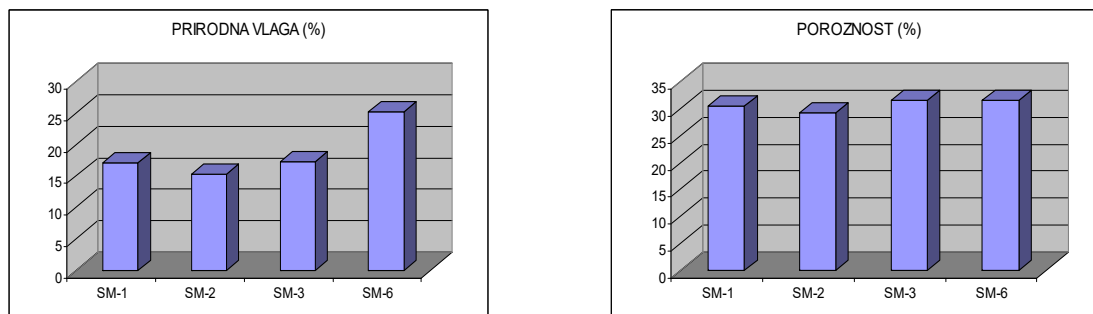
Tabela 2.

	SM-1	SM-2	SM-3	SM-6
ZAPREMINSKA TEŽINA $\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,09	20,82	21,28	21,1
SPECIFIČNA TEŽINA $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	26,6	26,41	26,46	26,6
PRIRODNA VLAGA (%)	17,10	15,23	17,3	25,16
POROZNOST (%)	30,4	29,1	31,44	31,4
GRANICA TEČENJA $w_L$ (%)	55,10	55,80	51,50	41,6
GRANICA PLASTIČNOSTI $w_P$ (%)	20,40	22,70	28,00	15,00
INDEX PLASTIČNOSTI $I_P$ (%)	34,70	33,10	23,50	26,6
JEDNOAKS. ČVRS.NA 105°C (MPa)	3,60	2,70	4,80	2,90
JEDNOAKS. ČVRS.NA 850°C (MPa)	13,5	10,20	12,72	13,6
UPIJANJE VODE NA 850°C	17,85	19,23	17,17	13,88
LINEARNO SKUPLJANJE NA 105°C	4,36	6,30	5,67	4,33
LINEARNO SKUPLJANJE NA 850°C	0,80	1,00	0,93	0,60



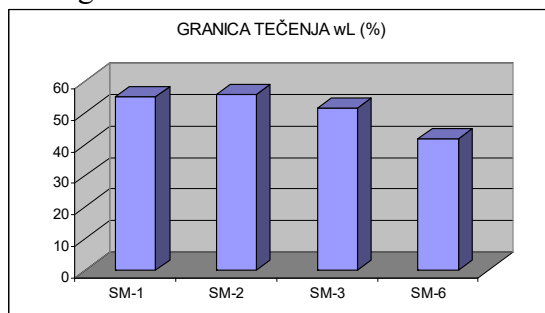
Slika 11.- Prikaz zapreminske težine i specifična težina za uzorke sa ležišta gline "Kruhari"

Zapreminska težina (Sl. 11.) ispitivanih uzoraka uglavnom je ravnomjerna jedino se razlikuje uzorak SM-1 koji pokazuje manju zapreminsku težinu. Što se tiče specifične težine svi uzorci imaju skoro identičnu težinu.

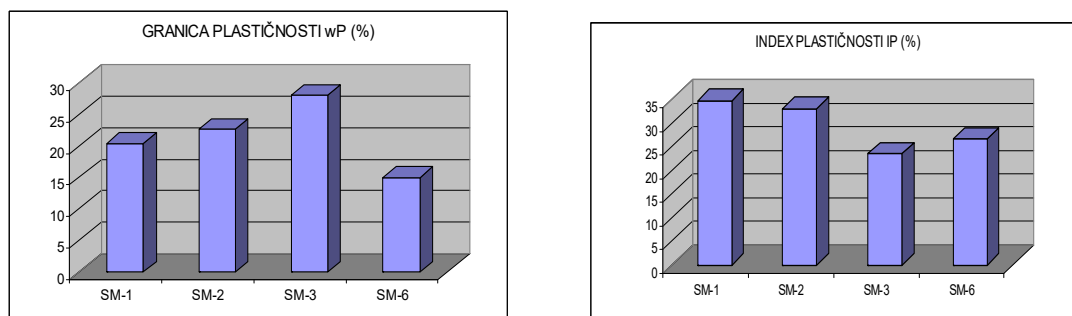


Slika 12. Prirodna vlaga i poroznost za uzorke sa ležišta gline "Kruhari"

Vlažnost uzorka je u direktnoj zavisnosti od poroznosti (Sl. 12.) odnosno od zrna koja grade uzorak i gustoće povezanosti zrna, a slobodan prostor između zrna nazivamo porama. Na slikama se vidi da uzorak SM-6 ima najveću izraženu prirodnu vlagu dok ostali uzorci odstupaju. Može se pretpostaviti da su pore kod drugih uzoraka bile ispunjene pored vode i vazduhom što je uzrok ovako male količine prirodne vlage.



Slika 13. Prikaz granica tečenja

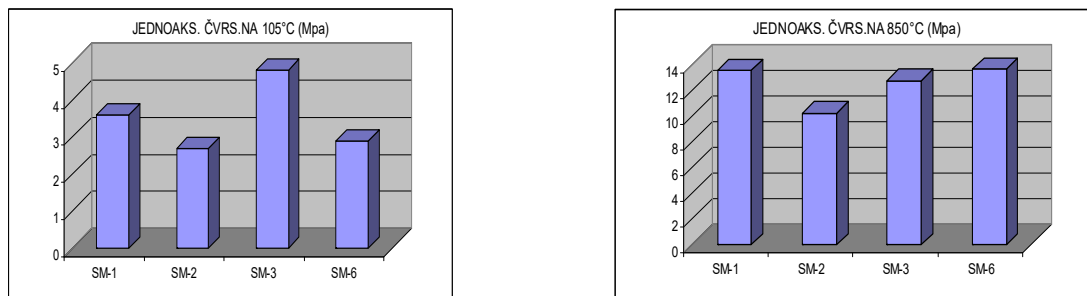


Slika 14.- Prikaz granice plastičnosti i indeks plastičnosti za uzorke sa ležišta gline "Kruhari"

Jednoaksijalna čvrstoća na pritisak zavisi od vrste materijala, mineralnog sastava materijala, krupnoće zrna i koeficijenta pora. Najveću jednoaksijalnu čvrstoću sušenog uzorka na 105°C (Sl.15.) pokazuje uzorak SM-3 koji predstavlja sivo-plave masne gline. Takve gline

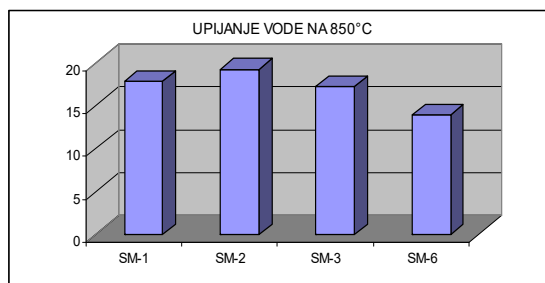


predstavljaju sitne frakcije gusto zbijenih čestica koje veoma malo upijaju vodu što im omogućava da se ističu velikom čvrstoćom nakon sušenja pa i nakon pečenja. Sušeni uzorak SM-1 pokazuje nešto veću čvrstoću sušenog uzorka u odnosu na čvrstoću sušenog uzorka SM-2 samo zbog sadržaja sive i masne gline u smjesi uzorka.



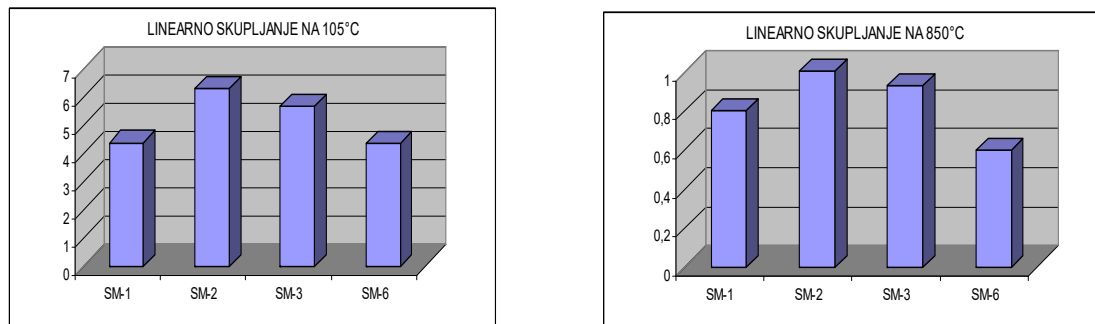
Slika 15.- Prikaz jednoaksijalne čvrstoće na pritisak na 105°C i 850°C

Najveću čvrstoću (Sl.15.) pečenog uzorka pokazuju uzorci SM-1, SM-3 i SM-6, dok uzorak SM-2 pokazuje nešto manju čvrstoću u odnosu na druge uzorke. Uporedo sa skupljanjem pri pečenju se odigravaju procesi koji utiču na mehaničke osobine gline.



Slika 16.- Upijanje vode na 850°C

Najveće upijanje vode (Sl.16) pokazuje uzorak SM-2, s obzirom da se uzorak sastoji od dvije komponente koje se makroskopski razlikuju po boji žuta komponenta i smeđa komponent. te su se lako mogle izdvojiti i uraditi hemijska analiza svake od komponente. S obzirom na sadržaj CaO da se zaključiti da je došlo do izražaja higroskopnost CaO poslije pečenja te samim tim i do izražene sposobnosti upijanja vode. Najmanje upijanje vode pokazuje pečeni uzorak SM-6 koji je inače imao najveći sadržaj prirodne vlage.



Slika 17.- Prikaz linearnog skupljanja glina na 105°C i 850°C

U toku pečenja došlo do gustog pakovanja između čestica zbog naglog gubitka vode i da je sitnozrnasti prašinasti uzorak nakon pečenja izgubio sposobnost upijanja vode.

Linearno skupljanje nakon sušenja (105°C) i linerano skupljanje nakon pečenja (850°C) je različito od uzorka do uzorka.

#### 4. ZAKLJUČAK

Ležište gline «Kruhari» je otvoreno na kvartarnoj terasi rijeke Sane (Kurtanović, R., 2000). U ležištu se smjenju makroskopski različiti slojevi gdje se mogu razlikovati žuto-smeđa glina sa proslojcima sive gline i crnim utruscima. U podinskom dijelu ležišta je laporovita glina koja je sivo-žute. Na njih se nastavlja sloj zaglinjenog pijeska i šljunka. Sivo plava i masna glina koja se pojavljuje u ležištu u obliku sočiva nastala je od finodisperznih čestica sa karakteristikama visoke plastičnosti.

Po hemijskom sastavu sadrži: SiO<sub>2</sub> od 53,70% do 64,44%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> od 19,27% do 24,86%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> od 4,11% do 11,29%; CaO i MgO su u granicama sadržaja oksida kod opekarskih glina; K<sub>2</sub>O je nešto povećan u odnosu na Na<sub>2</sub>O koji se nalazi u granicama od 1,71% do 4,70% što ukazuje da se radi o hidroliskunskim glinama. Učešće Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> je nešto veće nego uobičajeno u ciglarskim glinama što se može pozitivno procjeniti s obzirom da se povećava temperatura sinterovanja, a pečenom proizvodu daje lijepu crvenu boju.

Na osnovu rentgeno strukturnih i diferencijalno termičkih analiza ova glina se može svrstati u ilitsko-kaolinske gline sa slobodnim kvarcom, a analize elektronskog mikroskopa potvrdile su mineralni sastav glina sa ovog ležišta i pokazale su slijed sedimentacije u dinamički nestabilnim uslovima.

Granulometrijski sastav pokazuje da u uzorcima dominira sitna glinena komponenta, dok bliže podini na većim dubinama uzorci pokazuju djelimičnu pjeskovitost ili prisustvo prašinate komponente izmješane sa glinom.

Na osnovu dijagrama primjenjivosti ove gline se mogu svrstati u sirovine pogodne za proizvodnju podnih pločica, keramičkih cijevi i kiselo otpornih proizvoda pa čak i za proizvodnju crijeva.

#### 5. LITERATURA

1. Kurtanović, R. (2000): «Ležišta nemetalnih mineralnih sirovina». Fakultet za metalurgiju i materijale Zenica
2. Kruk, B., Brozović, I., Kastim, Ž., Zajc, J. & Tibljaš, D. (2006): Ležište ciglarske gline Rečica kod Karlovca. Mineral – stručni časopis za područje rudarstva i graditeljstva, str. 22 -25, Zagreb.
3. Kačar, B. (1970): «Elaborat o sirovinskoj bazi ciglarsko-keramičkih glina na ležištu Kruhari-Sanski Most. Geološkizavod Sarajevo, Fond. Str. Dok. Preduzeća «Rudina»- S. Most.
4. Dokumentacija rudnika „Splonum“ u Sanskom Mostu.

# ОПЕРАЦИОНА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА КВАЛИТЕТА БОКСИТА НА ПОДРУЧЈУ МИЛИЋИ-СРЕБРЕНИЦА

Тодоровић М.<sup>1</sup>,

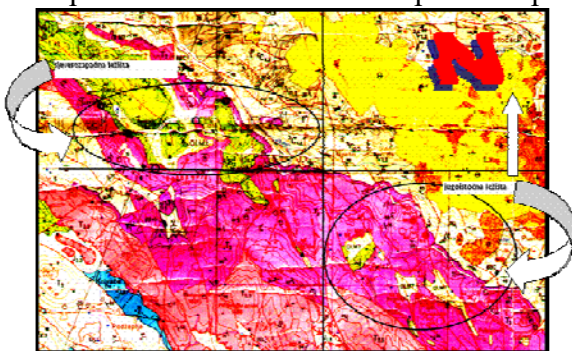
<sup>1</sup> АД „БОКСИТ“, - Милићи, Република Српска

**Кључне ријечи :** *операциона истраживања, бокситоносно лежиште, боксит, минералошка испитивања, модул*

## САЖЕТАК

На основу резултата геолошких истраживања овог подручја добили смо различите параметре квалитета минералне сировине боксита који нам говоре о различитим економским ефектима.

Повод писања овог рада је да прикаже даљи смјер, проспекцију и оцјену истраживања бокситне минералне сировине.



Кроз овај рад је доказан процес понашања квалитета минералне сировине и оцјена истраживања, како су сјеверозападна лежишта негативна у односу на југоисточна лежишта.

Добијеним подацима смјер истраживања боксита треба усмјерити на југоисточна лежишта минералне сировине.

Слика 1. Локација скупине лежишта БОКСИТА

## OPERATIONAL GEOLOGICAL RESEARCH OF QUALITY OF BAUXITE AT LOCATION OF MILICI – SREBRENICA

### **ABSTRACT**

According to results of geological research of this location, we have obtained different parameters of quality of mineral source of bauxite which indicate various economic effects.

The reason of this project is to show farther direction, recognition and evaluation of research of bauxite's mineral sources.

Throughout of this project is proved that location of quality of mineral source, and evaluation of the research, in which northwest deposits are negative versus southwest deposits.

According to obtained data, direction of the research of bauxite should be directed to southwest deposits of mineral sources.

**Key words:** *operational research, deposit of bauxite, bauxite, research of minerals, module*

## УВОД

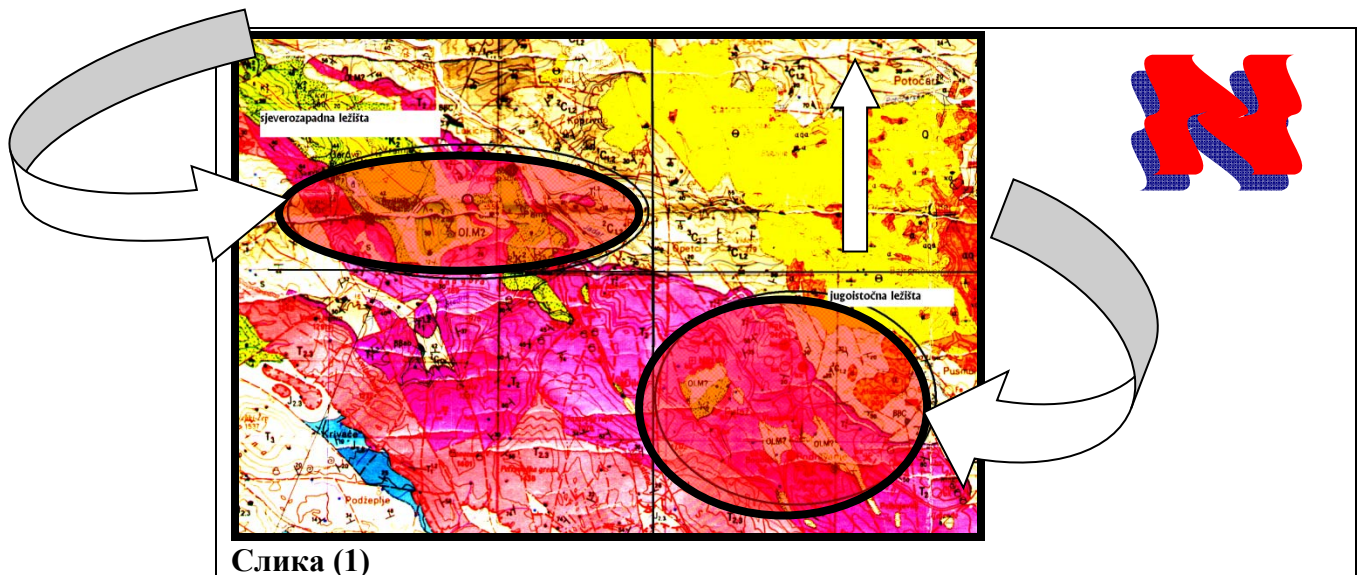
Операцијом називамо сваку од мјера, или систем акција, које су обједињење једном идејом, а усмјерене су на постизање одређеног циља. Операције су мјере управљања. Од нас зависи избор параметара, које карактеришу начин спровођења и организацију операције.

Према томе, можемо закључити на основу изложеног да су операциона истраживања резултат потребе научног испитивања сложених процеса система машина – човјек, са гледишта њиховог уклапања у организацију, цјелине, примјеном математичких метода, којима се најлакше може да оптимира рјешење, а у циљу научног заснивања донијетих одлука.

## СПЕЦИЈАЛНИ ДИО

Задатак ове анализе је да се утврди дали постоји разлика између два скупа већих лежишта на бокситоносном подручју Власеница - Сребреница у погледу квалитета и зависности квалитета боксита унутар скупа лежишта и њихов утицај на будућа истраживања.

У овој анализи бокситоносно подручје смо подјелили у двије



скупине лежишта и то у сјеверозападна и југоисточна, како је приказана на слици (Сл.1.)

**I- Сјеверозападна лежишта боксита**

а – Штедра  
 б – Нурићи  
 ц – Драгошница  
 д – Црвене Стијене  
 е – Вишњица  
 ф – Герови

**II- Југоисточна лежишта боксита**

а – Млакве  
 б – Шумарница  
 ц – Костури  
 д – Грабици  
 е – Подбраћан  
 ф – Браћан

Укупан квалитет лежишта узиман је из већ ревидованих елабората о економској категоризацији лежишта, а квалитет лежишта приказан је у табели. Овдје су приказане билансне и ванбилансне резерве лежишта заједно, а квалитет лежишта је приказан модулом тј. Односом  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$

**I – Сјеверозападна лежишта боксита**

	Количина(t)	$Al_2O_3$	$SiO_2$	Модул лежишта
<b>а - Штедра</b>	300.000	42.62	14.10	3.02
<b>б - Нурићи</b>	966.458	44.29	12.58	3.52
<b>ц - Драгошница</b>	122.535	50.70	9.94	5.11
<b>д - ЦрвенеСтијене</b>	9.684.816	48.72	9.58	5.08
<b>е- Вишњица</b>	763.281	43.43	19.78	2.19
<b>ф – Герови</b>	6.923.012	41.57	21.70	1.91
	18.760.102			

**II- Југоисточна лежишта боксита**

	Количина(t)	$Al_2O_3$	$SiO_2$	Модул лежишта
<b>а – Млакве</b>	1.032.500	50.47	7.28	6.93
<b>б – Шумарница</b>	3.005.000	51.18	10.25	4.99
<b>ц – Костури</b>	8.386.472	52.51	7.00	7.55
<b>д- Грабици</b>	1.418.716	51.85	4.28	12.11
<b>е- Подбраћан</b>	18.796.000	51.74	7.70	6.71
<b>ф – Браћан</b>	2.165.602	50.19	8.63	5.81

Ова анализа ће садржати двије операције и то:

а/ Замишљен ток онако како се рјешава реално у свијету, /  $n=1$ / у табели 1 и 2,

б/ Изведени ток са комбинацијама лежишта / $n=3$ ;  $n=3$ ;  $n=4$ ;  $n=$  и табели.

Када израчунамо одређене параметре за сваки скуп лежишта тад приступамо анализи самог тог скупа, а на крају вршимо упоређивање са другим скупом лежишта

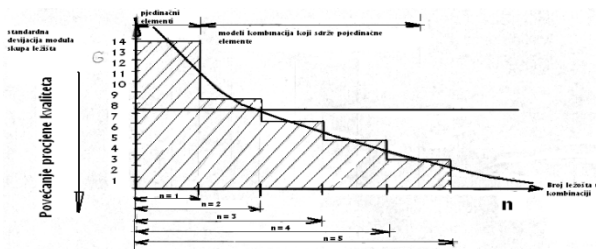
# I-СЈЕВЕРОЗАПАДНА ЛЕЖИШТА

У скуп сјеверозападних лежишта узето је шест ревидованих лежишта са одређеним модулом:

а/ Штедра	- 3.02	} Модул лежишта
б/ Нурићи	- 3.52	
ц/ Драгошница	- 5.11	
д/ Црвене Стијене	-5.08	
е/ Вишњица	- 2.19	
ф/ Герови	-1.91	

У првом стубу табеле који су приказани на табели 1. узети су појединачни елементи и израчунати су следећи параметри:

- а/ **MSE** -Просјечни квадрат грешке процјене средње вриједности модула
- б/ **G** - Стандардна девијација модула скупа лежишта
- ц/ **h** - Разлика између најмањег и највећег модула у скупу
- д/ **G** - Стандардна девијација разлике мин. и мах. модула скупа лежишта



У другом стубу табеле су модели комбинација који садрже појединачне елементе скупа лежишта и исто су израчунати параметри као и првом стубу.

Сл.3.

## а/ Просјечни квадрат грешке процјене средње вриједности модула /MSE/

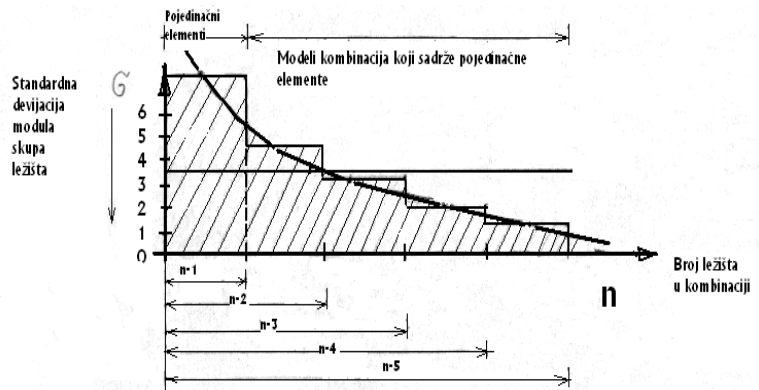
n – број лежишта	n = 1	MSE =	57.33
комбинацији	n = 2	MSE =	22.975
	n = 3	MSE =	11.469
	n = 4	MSE =	7.15
	n = 5	MSE =	2.29

Само ова констатација нам говори да квалитет процјене са повећањем броја лежишта у комбинацији /n/ расте и квалитет процјене са 57,33 на 2,29

## б/ Стандардна девијација модула скупа лежишта /G/

Ако се узму појединачни елементи, тад је стандардна девијација највећа, али ако се праве модели комбинација који садрже појединачне елементе скупа лежишта тад се смањује стандардна девијација, а повећава се квалитет процјене.

n = 1	G = 7.57	} n
n = 2	G = 4.79	
n = 3	G = 3.38	



$$n = 4 \quad G = 2.67$$

$$n = 5 \quad G = 1.51$$

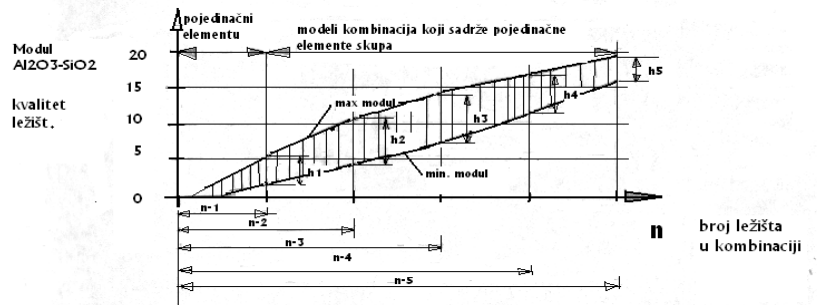
n = број лежишта у комбинацији

#### Сл.4

Смањивањем стандардне девијације, повећава се приближавање тачности датог броја тј. средњој вриједности модула сјеверозападног бокситоносног подручја. Ова констатација нам говори да повећањем броја лежишта у овом подручју води приближном модулу подручја и да неће бити већих одступања. Модул подручја је  $M=3.4$

#### ц/ Разлика између најмањег и највећег модула у скупу /h/

Повећавањем броја лежишта у комбинацији разлика између миним. и мах. модула скупа лежишта се повећава, а уједно повећава се и стандардна девијација разлике између мин. и



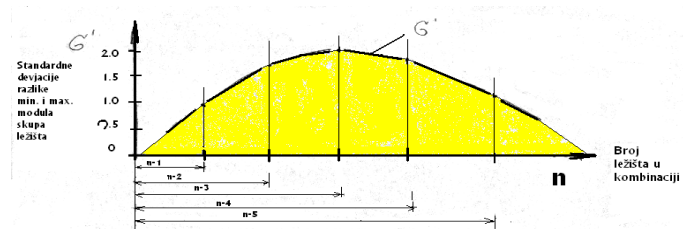
#### Сл.5.

мах модула скупа што нам указује да је вјероватноћа модула квалитета сјеверозападних лежишта креће у широким размјерама, али даљим повећавањем броја лежишта у комбинацији разлика између мин. и мах модула скупа лежишта се смањује што нам указује да се разлика између мин. и мах модула скупа лежишта смањује тако да нам то указује на већу уједначеност модула на сјеверозападном бокситоносном подручју.

$$\left. \begin{array}{l} n = 1 \quad h_1 = 3.20 \\ n = 2 \quad h_2 = 6.09 \\ n = 3 \quad h_3 = 6.59 \\ n = 4 \quad h_4 = 6.09 \\ n = 5 \quad h_5 = 3.20 \end{array} \right\} h = \text{razlika između najmanjeg i najvećeg modula u skupu}$$

#### д/ Стандардна девијација разлике мин. и мах. модула скупа лежишта /G/

$$\left. \begin{array}{l} n = 1 \quad G_1 = 0.928 \\ n = 2 \quad G_2 = 1.766 \\ n = 3 \quad G_3 = 1.911 \\ n = 4 \quad G_4 = 1.766 \\ n = 5 \quad G_5 = 0.928 \end{array} \right\} G$$



#### Сл.6.

Стандардна девијација разлике мин. и мах. модула скупа лежишта

## II- ЈУГИСТОЧНА ЛЕЖИШТА

У скуп југоисточних лежишта узели смо шест ревидованих лежишта са урачунатим укупним модулом лежишта:

a/ Млакве	- 6.93	} Модул лежишта
б/ Шумарница-	4.99	
ц/ Костури	- 7.50	
д/ Грабици	- 12.11	
е/ Подбраћан	- 6.71	
ф/ Браћан	- 5.81	

У првом стубцу друге табеле за статистички прорачун узети су појединачни елементи, док су у другом стубу табеле модули са комбинацијама који садрже појединачна елемента скупа и израчунати су следећи параметри:

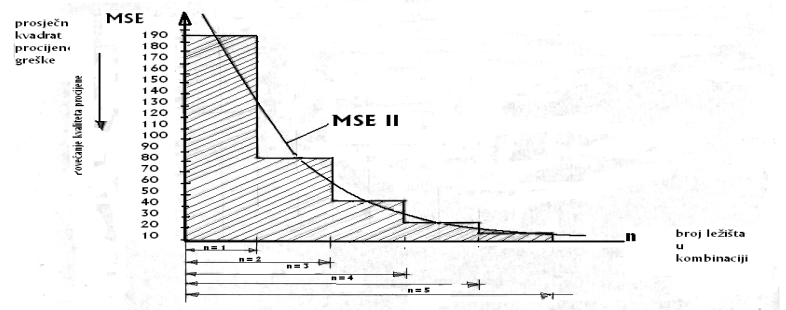
a/ MSE	- просјечни квадрат грешке процјене средње вриједности модула
б/ G	- стандардна девијација модула скупа лежишта
с/ h	- разлика између најмањег и највећег модула у скупу
д/ G	- стандардна девијација разлике мин. и мах. модула скупа лежишта

### a/ Просјечни квадрат грешке процјене југоисточних лежишта средње вриједности модула /MSE/

n –	{	n <sub>1</sub> =	MSE = 186.63
		n <sub>2</sub> =	MSE = 74.88
		n <sub>3</sub> =	MSE = 37.44
		n <sub>4</sub> =	MSE = 18.67
		n <sub>5</sub> =	MSE = 7.49

n – број лежишта у комбинациј

Сл.7.



Сама констатација приказана на слици указује нам да квалитет процјене са повећањем броја лежишта у комбинацији /n/, расте и квалитет процјене са 186,63 на 7.47. Ово нам говори да просјечан модул већих лежишта кретати приближно средњој вриједности скупа лежишта југоисточног подручја док повећањем елемената у модулу долазимо до закључка да квалитет процјене расте.

### б/ Стандардна девијација модула скупа лежишта /σ/

Ако се узму појединачни елементи тад је стандардна девијација највећа, али ако се праве модели комбинација који садрже појединачне елементе скупа лежишта тад се смањује стандардна девијација, а повећава се квалитет процјене.



$$n = 1 \quad \sigma = 13.66$$

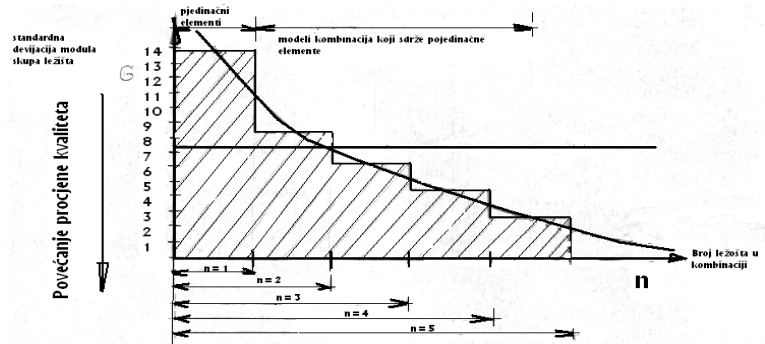
$$n = 2 \quad \sigma = 8.65$$

$$n = 3 \quad \sigma = 6.11$$

$$n = 4 \quad \sigma = 4.32$$

$$n = 5 \quad \sigma = 2.73$$

$n$  = број лежишта у комбинацији



Сл.8

Ова слика нам указује да повећањем броја лежишта у моделу на овом подручју води приближном модулу подручју, а да код појединачних елемената приказана велика стандардна девијација и да има великих одступања од средњег модула подручја. Средњи модул југоисточног подручја је  $M=7.34$

**ц/ Разлика између најмањег и највећег модула у скупу /h/**

$$n = 1 \quad h_1 = 7.12$$

$$n = 2 \quad h_2 = 8.80$$

$$n = 3 \quad h_3 = 9.02$$

$$n = 4 \quad h_4 = 8.81$$

$$n = 5 \quad h_5 = 7.12$$

$\sigma$  = Разлика између најмањег и највећег модула у скупу

Сл.9

Повећањем броја лежишта у комбинацији разлика између мин. и мах. модула скупа лежишта се повећава, а уједно повећава се стандардна девијација разлике мин. и мах. модула скупа што нам указује да је вјероватноћа модула квалитета југоисточних лежишта указује на равномјерним размјерама, а даљим повећањем броја лежишта у комбинацији разлика између мин. и мах. модула скупа лежишта остаје равномјерна што нам указује на већу уједначеност модула на југоисточним лежиштима.

**д/ Стандардна девијација разлике мин. и мах. модула југоисточног скупа лежишта /sigma/**

$$n = 1 \quad \sigma_1 = 2.064$$

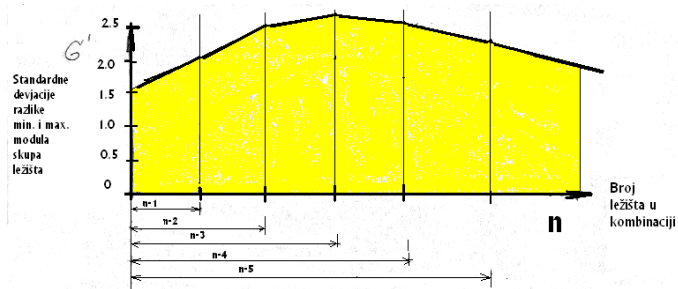
$$n = 2 \quad \sigma_2 = 2.552$$

$$n = 3 \quad \sigma_3 = 2.615$$

$$n = 4 \quad \sigma_4 = 2.554$$

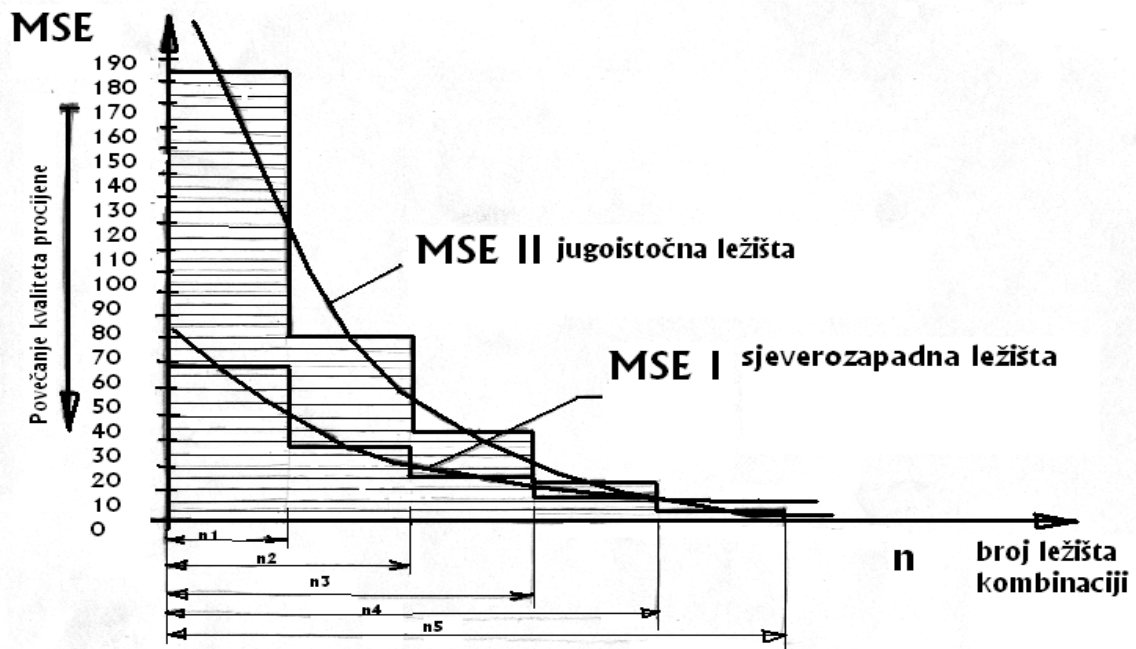
$$n = 5 \quad \sigma_5 = 2.06$$

$\sigma$  = Стандардна девијација разлике мин. и мах. модула скупа лежишта

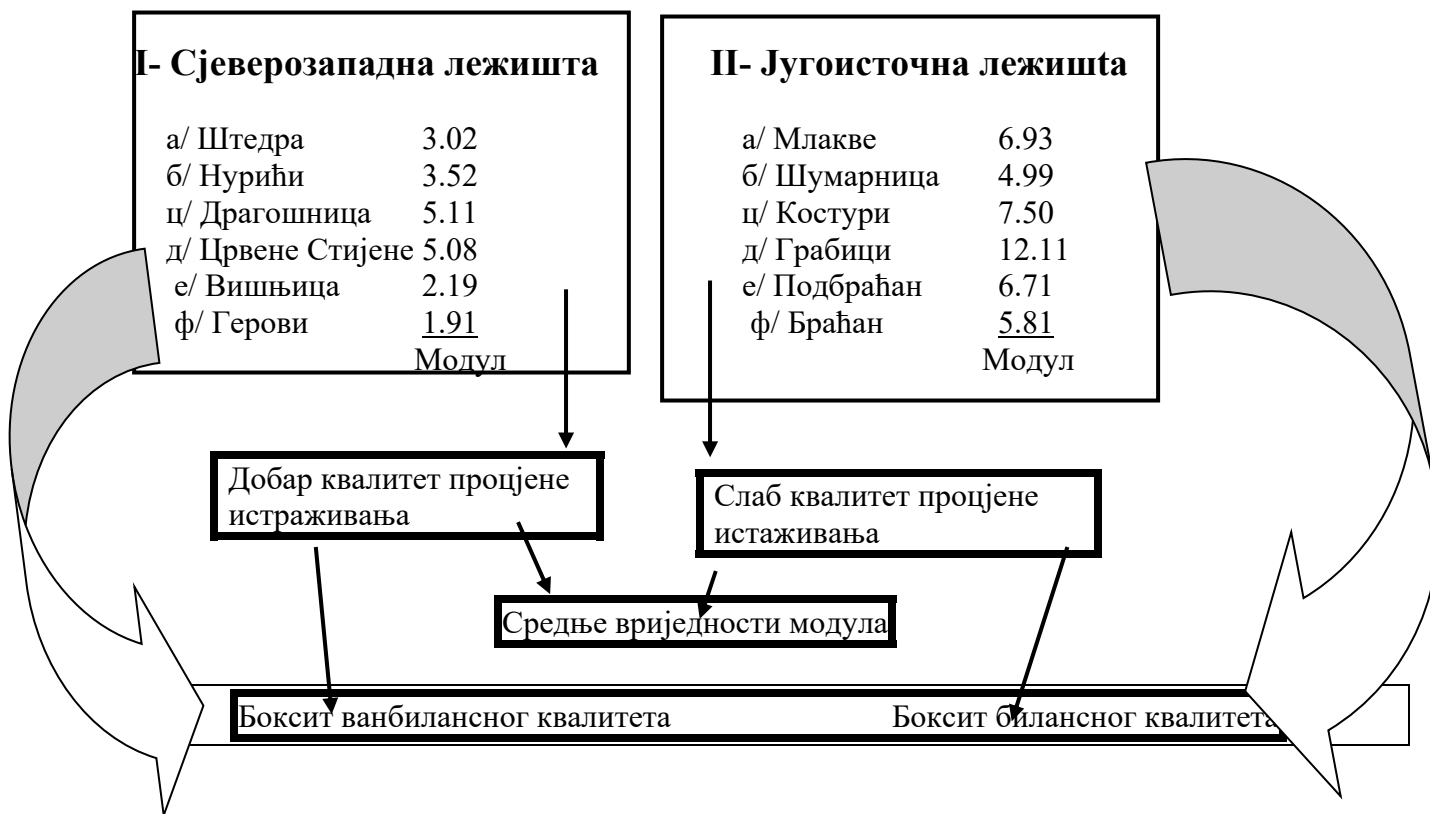


Сл.10

## АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА БОКСИТА ИЗМЕДЈУ СЈЕВЕРОЗАПАДНИХ И ЈУГОИСТОЧНИХ ЛЕЖИШТА



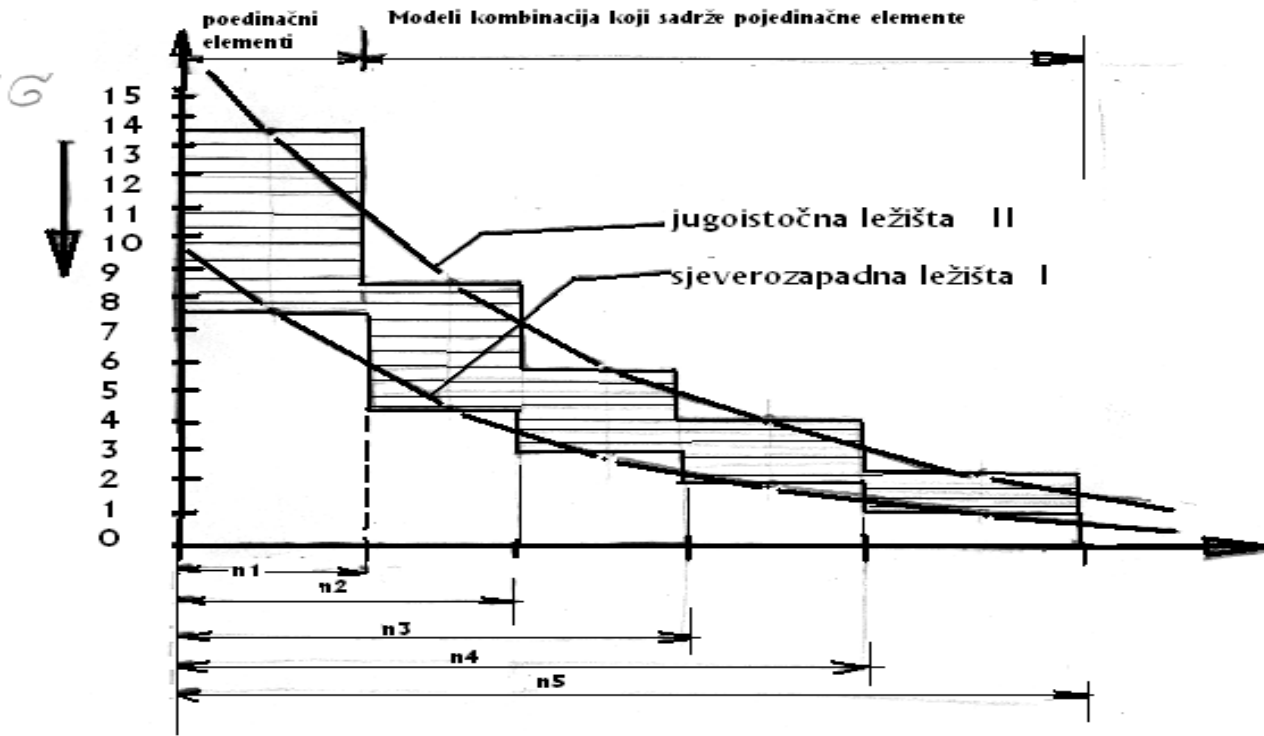
Сл.11 Просјечан квадрат грешке процјене средње вриједности модула /MSE/



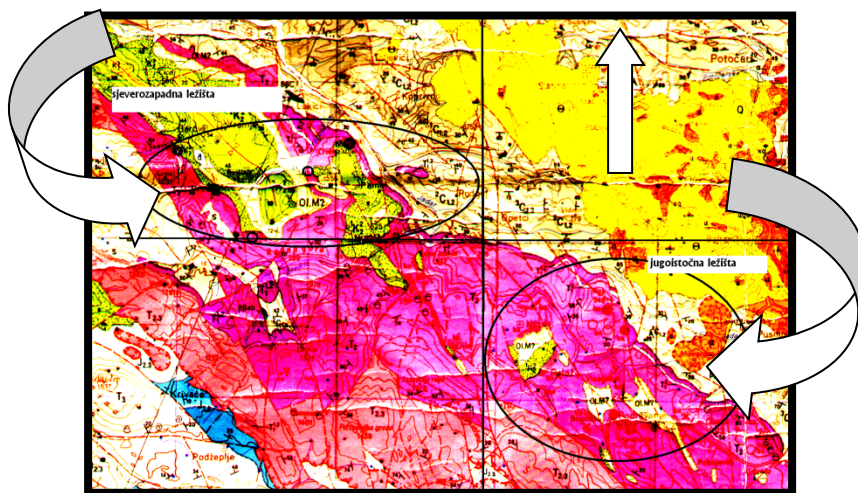
Сама констатација приказана на слици нам говори да просјечан квадрат грешке процјене средње вриједности модула има већу вриједност код југоисточних лежишта **MSE – II-**, него код сјеверозападних лежишта **MSE – I-**, што нам указује да је **повећан квалитет процјене** код сјеверозападних лежишта него код југоисточних лежишта. Из самог рада приказаног на слици долазимо до закључка да обим истраживања на подручју сјеверозападних лежишта требамо смањити јер анализа показује да су **веома мала одступања од модула квалитета боксита** сјеверозападних лежишта, а средња вриједност модула сјеверозападних лежишта је ванбилансног карактера, а код **југоисточних лежишта има великог одступања података од средње вриједности модула квалитета лежишта**, а модул квалитета боксита југоисточних лежишта је билансног карактера. У овом подручју обим истраживања треба да има већег значаја, јер сама констатација нам указује смањен квалитет процјене.

### Разлика стандардне девијације модула скупа између сјеверозападних и југоисточних лежишта

Стандардна девијација је већа код југоисточних лежишта него код сјеверозападних лежишта, а то нам говори колика су одступања од средње вриједности модула скупа лежишта. Смањивањем стандардне девијације повећава се квалитет процјене средње вриједности модула скупа лежишта.



Сл.13 Разлика стандардне девијације модула скупа између сјеверозападних и југоисточних лежишта



Проспекција и оцијена истраживања сјеверозападних лежишта је негативна у односу на југоисточна лежишта гдје је проспекција и оцијена истраживања позитивна, те на основу изнијетих података смјер истраживања боксита треба усмјерити на југоисточна лежишта а на сјеверозападним лежиштима смјер истраживања треба усмјерити на истраживања нових минералних сировина.

## **ЗАКЉУЧАК**

На основу изнијетих података може се закључити слиједеће:

- **Узрок настанка појаве** - добијен задатак има за смјер истраживања на минералној сировини боксита.

- **Прогноза понашање процеса** - Проспекција и оцијена истраживања сјеверозападних лежишта је негативна у односу на југоисточна лежишта гдје је проспекција и оцијена истраживања позитивна.

- **Приједлог** - На основу изнијетих података смјер истраживања боксита треба усмјерити на југоисточна лежишта или истраживања у процесу експлоатације, а на сјеверозападним лежиштима смјер истраживања треба усмјерити на истраживања нових неметаличних минералних сировина.

## ЛИТЕРАТУРА:

- Архангелский А. (1937): Типи бокритов СССР-и их генезис /Труди конференци по генезиси железа, марганца и алюминия /. Масква.
- Бешић З., Вуковић В. и Цицовић Б. (1965): Боксити Црне Горе, Никшић.
- Бурић П. (1965): Геологија лежишта боксита Црне Горе, Геолошки гласник, посебно издање, књига ВИИИ, Сарајево.
- Бушинский Г. (1958): Теория Теорија А. Д. Архангелский о генези боксита в свете современных доних, Сб. боксити их минералогия и генезис, Масква.
- Чичић С. (1968): Геолошки састав и тектоника између ријека Дрине, Сапне и Тавне – Источна Мајевица, Геолошки гласник бр. 12, Сарајево.
- Јерemiћ М. (1964): Истраживање лежишта минералних сировина, Тузла.
- Катзер Ф. (1926): Геологија БиХ, Сарајево.
- Катзер Ф. (1910): Прегледна геолошка карта БиХ, лист Тузла 1 : 200.000, Сарајево.
- Ранковић М. (1963): Рудне парагенезе у области Сребренице /Источна Босна/, Геолошки гласник, посебно издање, Сарајево.
- Тодоровић М. (2003): Елаборат о класификацији, категоризацији и прорачуну резерви црвених боксита на лежишту »Црвене Стијене« код Милића, АД "Боксит" - Милићи.
- Тодоровић М. (2003): Елаборат о класификацији, категоризацији и прорачуну резерви црвених боксита на лежишту »Подбраћан« код Милића, АД "Боксит" - Милићи.
- Живаљевић Т. (1962): Извјештај о изршеним истражним радовима и утврђеним резервама А + Б категорије на лежишту »Палеж« код Власеница за 1961. годину, Сарајево.
- (1985): Правилник о садржини програма, пројеката и елабората геолошких истраживан (Сл. лист СР БиХ, број 25).
- (1979): Правилник о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима (Сл. лист СФРЈ, број 53)

# GEOLOŠKA I STRUKTURNO – TEKTONSKA GRAĐA LEŽIŠTA BARITA KOLOVOJI KOD KREŠEVA

<sup>1</sup>Alojz Filipović

<sup>1</sup>Federalni zavod za geologiju, Sarajevo

**Ključne riječi:** barit, kvarcporfir, kartiranje, škriljavost, rasjedi, potkop, uskop

Ležište barita Kolovoji kod Kreševa predstavlja najveće ležište žičnog barita u kvarc-porfirima u rudnoj oblasti Bosanskih škriljavih planina. Samo ležište nalazi se na sjevernim obroncima planine Visočice, a zauzima prostor između potoka Iniči i Nevra na nadmorskoj visini od 1000 do 1200 m. Genetski ležište pripada mezoepitermalnom tipu vezan za silikatnu sredinu u prvom redu kvarc – porfire.

Sama silikatna sredina je osigurala stvaranje baritne mineralizacije od ekonomskog značaja samo u tektonsko osiguranoj sredini, odnosno prostoru a to su u prvom redu rasjedi, zdrobljene zone, pukotine ili sistem pukotina.

Za ležište „Kolovoj“ potrebno je naglasiti da je ono u stalnom radu od 1956 godine i da je do 1990 godine izvađeno oko 180 000 tona bijelog visoko kvalitetnog barita.

Na samom lokalitetu urađeno je 20 potkopa koji su bili osnovni hodnici a koji su u pravilu pratili rudno tijelo. Pri eksploataciji rude obično se ista otkopavala uskopima iz nižeg ka višem horizontu a zatim se hodnicima u međuhorizontima vadio ostatak rude uz ostavljanje samo sigurnosnih stubova.

Intenzivna eksploatacija iznad P-19 odnosno horizonta 1119 m je završena, tako da je ostao prostor za eksploataciju u nižim horizontima, odnosno prema P-20 (1050 m) i nižem horizontu P-21.

Projektirani P-21 iz potoka Nevra zbog ratnih zbivanja je prekinut na 400 m i do danas nije nastavljen.

Cilj ovog rada je da obzirom na iscrpljenost ležišta na raspoloživim horizontima, da se na osnovu strukturnih elemenata odrede perspektivni prostori za iznalaženje baritske mineralizacije i da se na tu stranu usmjere rudarski istražni radovi a koji su se odvijali na horizontu + 1050 m.

U nekoliko navrata izvršeno je sakupljanje podataka i strukturnih elemenata sklopa iz potkopa i uskopa, zatim vršena je analiza tih elemenata i usmjeravani su jamski istražni radovi do konačnih rezultata, tj. pronalaska baritske koncentracije na nivou + 1050 m što bi omogućilo eksploataciju barita za jedan duži period.

U radu je predstavljena geološka i strukturno - tektonska građa ležišta barita Kolovoji kod Kreševa a sve u cilju da obzirom na iscrpljenost ležišta na raspoloživim horizontima, da se na osnovu strukturnih elemenata odrede perspektivni prostori za pronalazak baritne mineralizacije i da se u tu svrhu usmjere rudarski istražni radovi.

Za analizu strukturno - tektonske karte građe ležišta barita Kolovoji izvršeno je kartiranje dijela potkopa P-19, P-20, kao i uskopa U-01 i U-02.

Prilikom kartiranja utvrđeno je da baritne žice leže u škriljavim kvarcporfirima, sivo-zelenkaste boje, manje ili više izmjenjenim kvarcporfirima sa jasnim porfiroidima kvarca.

Baritna koncentracija u analiziranom dijelu ležišta je dosta nepravilna i odlikuje se brojnim apofizama i pratećim žicama i žilicama, koje difuzno prožimaju kvarcporfir.

Zapažen je izvjestan broj zatvorenih i otvorenih pukotina koje ne remete kontinuitet baritne koncentracije, što već nije slučaj sa rasjedima i zdrobljenim zonama, duž kojih ne samo da su baritne žice polomljene već i znatno kretane.

Kod većine rasjeda, koji su analizirani i na kojima su zapažene strije ukazuju na transkurentne rasjede sa horizontalnim pomacima i preko nekoliko metara.

Analizom kartiranog dijela ležišta Kolovoji i praćenjem izvođenja P-20 zaključeno je slijedeće:

1. Najizraženiji strukturni elemenat sredine u kojoj je deponovana baritna mineralizacija je škrljavost i kreće se u intervalu od 34/94 do 40/66.
2. Ispugalost je izražena u metarskom i decimetarskom području sa neizraženim sistemima pukotina ali se nadziru dva sistema pukotina: I koji je subparalelan škrljavosti ali nešto strmiji od škrljavosti i II upravan na ovaj sistem. Po načinu pojavljivanja i odnosu na škrljavost I-sistem pripadao bi pukotinama smicanja a II-sistem pretežno pukotinama istežanja
3. Manje kvarcne i baritne žice najvećim dijelom deponovane su subparalelno škrljavosti ili uz sistem pukotina smicanja, manje dijagonalno u odnosu na glavnu baritnu žicu, to jest u peraste pukotine.
4. Rasjedi i zdrobljene zone nepravilnije se ponašaju u nivou P-19, to jest u podinskom bloku ali generalno veće rasjedne strukture suglasne su sa rasjedima u nivou P-20.
5. Glavnu baritnu koncentraciju treba pratiti po pružanju do rasjednog sistema, a zatim je pratiti uskopom po presječnoj pravoj sa rasjednom zonom. Ako je tehnički neizvodljivo uskop raditi u baritnoj koncentraciji a međuhorinzontom prekopima do presjeka sa rasjednom zonom.
6. Zadoobljanje koje je do rasjedne zone praćeno u potkopu P-19 u podinskom blokun najvjerojatnije je presječeno rasjednim sistemom a nastavak se nalazi u među prostoru između P-19 i P-20.

Jedna analiza pokazuje da bi to moglo biti  $\frac{1}{2}$  rastojanja između horizonata.



# GEOTEKTONIKA I NJEN UTICAJ NA EKSPLOATACIJU BEMITSKIH BOKSITA, RUDNO POLJE MILIĆI

*Todorović M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> AD,,BOKSIT,, - Milići, Republika Srpska BiH

**Ključne riječi:** mineralni resurs, boksit, geotektonika, geološka istraživanja, eksploatacija boksita, metode istraživanja

## SAŽETAK

*U radu je dat pregled geotektonskih ispitivanja koja govore kako geološka istraživanja , planiranja i programiranja imaju veliki značaj kao geološka informacija koja bi uputila u dalji tok istraživanja ( u toku eksploatacije ) da bi se obezbjedio što veći stepen iskorštenja mineralnog resursa.*

*Svi pomenuti parametri su posmatrani i analizirani u skladu sa do sada poznatim i najsavremenijim proučavanjima i metodama koji regulišu ovu problematiku.*

## GEOTECTONICS AND ITS INFLUENCE ON BEMITE-BAUXITE EXPLORATION; MILICI OREFIELD

*Todorović M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> AD,,BOKSIT,, - Milići, Republika Srpska BiH

### **ABSTRACT:**

*This paper represents a review of geotectonics research, which explain how geological investigation, planning, and programming have a significant meaning as a geological information which would consign to further trend of investigation in order to obtain higher exploitation degree of a mineral resource.*

*All mentioned parameters have been observed and analysed in accordance with all known and most recent methods which regulate this matter.*

**Keywords:** mineral resources, bauxite exploration, geotectonics, geological investigation, methods

## UVOD

*Pred čovjekom, u njegovoj svakodnevnoj djelatnosti, stalno se postavlja problem u odlučivanju o sledećem koraku u postupku. Ukoliko je odlučivanje u prošlosti bilo zasnovano na naučnim osnovama i zadovoljavalo prošlost, takvo odlučivanje bilo bi opravdano i u budućnosti, ukoliko se radi o jednostavnim slučajevima. Za razliku od jednostavnih slučajeva, postoje takvi problemi kod kojih se odluke ne mogu donijeti bez prethodne pripreme, obrade i korišćenja novih naučnih saznanja. Ostaje i dalje mogućnost da se i u složenim problemima odluka donese intuitivno, oslanjajući se samo na iskustvo i zdrav razum, ali je mala vjerovatnoća da će takva odluka biti najbolja.*

*Međutim, u složenim poduhvatima kao i u onim koja angažuju velika finansijska sredstva i materijalna bogatstva, ne može se dopustiti takva sloboda u odlučivanju. U složenim poduhvatima sve veću ulogu i značaj imaju naučne metode, tehnika i sredstva koja omogućavaju da se unaprijed procijene posljedice svake odluke, i da se odbace nepovoljne a preporuče najpogodnije varijante.*

*Geološkim istraživanjima nazivamo svaku od mjera, ili sistem akcija, koje su objedinjenje jednom idejom, a usmjerene su na postizanje određenog cilja. Geološka istraživanja su mjere upravljanja. Od nas zavisi izbor parametara, koje karakterišu način sprovođenja i organizaciju geoloških istraživanja.*

*Prema tome, geološka istraživanja su djelo svjesne odluke ljudskog uma, pa možemo zaključiti na osnovu izloženog da su geološka istraživanja rezultat potrebe naučnog ispitivanja složenih procesa sistema mašina – čovjek, sa gledišta njihovog uklapanja u organizaciju cjeline, primjenom geoloških metoda, kojima se najlakše može da optimira rješenje, a u cilju naučnog zasnivanja donijetih odluka.*

*Tema ovog izvještaja je da se dokaže zavisnost i uticaj na projektovanu eksploataciju pojavom tektonike i da li naučna saznanja (geološko-ekonomska ocjena) mijenjaju smjer istraživanja.*

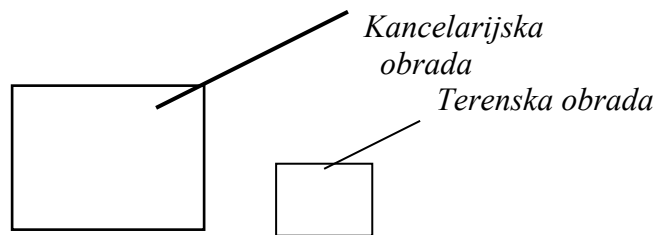
***Ovako saznanje geološke informacije i njena pojava, treba da nam predoči kolika je njena važnost i koliko utiče na efikasnost i budućnost eksploatacije ..***

# STATISTIČKI ZNAČAJ KOD GEOTEKTONSKOG ISTRAŽIVANJA MINERALNE SIROVINE BOKSITA (značaj po dokazanim modelima)

*Veza podataka lokacije geotektonskog proučavanja  
(slike, grafički presjeci, topografske osnove, inženjersko geološke sredine, itd.)*

*Taj teret geotektonskog istraživanja je od velikog značaja kod modeliranja funkcija i kreće se do pronalaska sadržaja opisanih i selektovanih podataka najvišeg kriterija.*

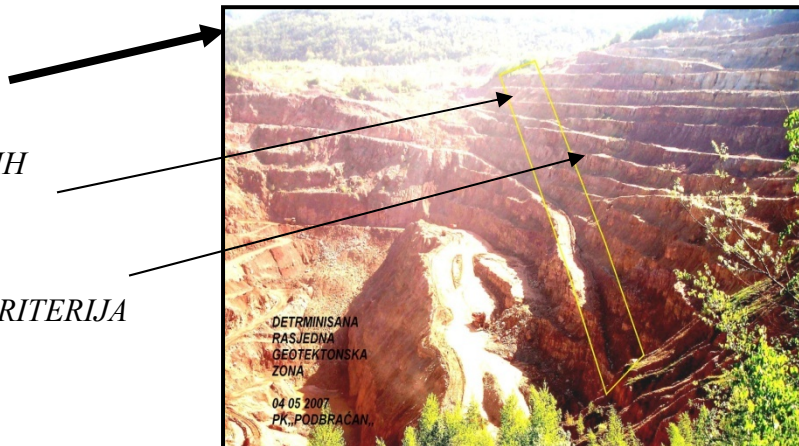
## VEZA PODATAKA



1/ PROSTRANSTVO KOD  
KOJE JE PROUČAVANA  
GEOTEKTONIKA

2/ PROSTOR KOD OBRADJENIH  
PODATAKA UKLJUČUJUĆI  
I UNUTRAŠNJE KRITERIJE

3/ OBLAST OD ZNAČAJNOG KRITERIJA



## Ciljevi i koncepcija izvještaja

*Kao što se može uočiti iz prethodne tačke cilj ovog izvještaja je da se u dogledno vreme pokuša obezbediti kvalitetne količine boksita iz preostalih delova ležišta predinsponiranih za površinsku i podzemnu eksploataciju.*

*U koncepciji izvještaja je zamišljeno da se sprovedu takva tehničko-tehnološka rešenja koja bi zadovoljila sledeće ciljeve:*

- 1. Kontinuitet proizvodnje boksita shodno razvojnom programu AD "Boksit" Milići;*
- 2. Osvajanje, moglo bi se reći, do sada ne korišćenog vida eksploatacije (podzemne eksploatacije) koji će biti i osnovni vid u bliskoj budućnosti proizvodnje boksita u AD "Boksit" Milići;*
- 3. Fleksibilna i savremena tehničko-tehnološka rešenja daljeg otkopavanja rude boksita;*
- 4. Ekonomski opravdanu proizvodnju boksita.*

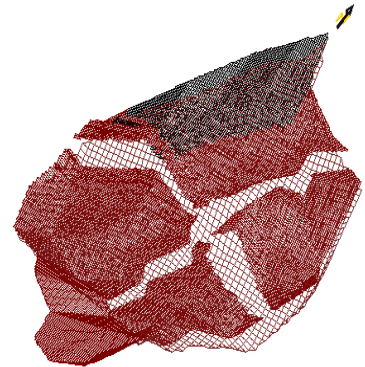
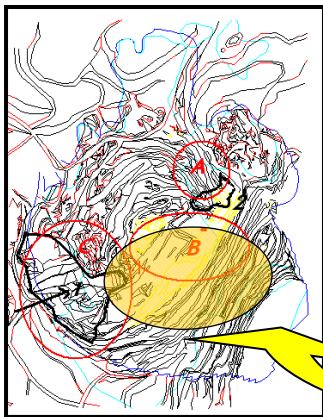
## KONSTRUKCIJA U INFORMACIONOM SISTEMU

-INFORMACIJA  
-OVJERA



### SPECIJALNI DIO

OPIS I SELEKTOVANJE TEKTONSKIH PODATAKA  
GEOLOŠKA INFORMACIJA



Sl. Pozicija TEKTONSKE ZONE na PK., Podbrač

Sl. Prikaz rasjednih ploha u  
rudnom tijelu Podbračan

### DETERMINACIJA RASJEDNE ZONE

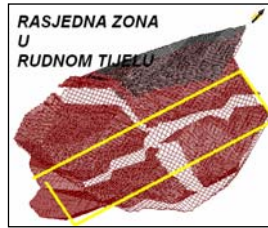
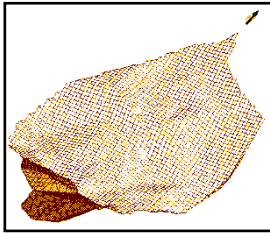
Kod istraživanja tektonskih zona sve se više javlja potreba za rješavanjem problema koji su nastali usled eksploatacije zbog toga što se sve više narušava prirodna ravnoteža. Dalji tok eksploatacije će morati uvažavati sve više geomehanička i inženjersko-geološka istraživanja a da nam skup selektovanih podataka koje smo naveli u prethodnom tekstu ukazuje da sa produbljanjem kopa sve veću zavisnost uzimaju postojeće geološke informacije (tektonika).

# ПОДАТАК

СЛИКА И ПРИКАЗАНИ ПАРЕМЕТРИ

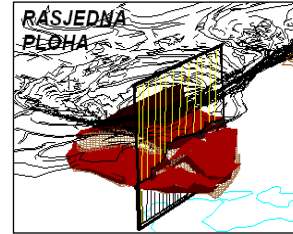
## 1/ ПАРАМЕТАРСКИ ФАКТОРИ

- ЛИТОЛОГИЈА
- СКЛОП ТЕКТОНИКЕ
- КРЕТЊЕ БЛОКОВА



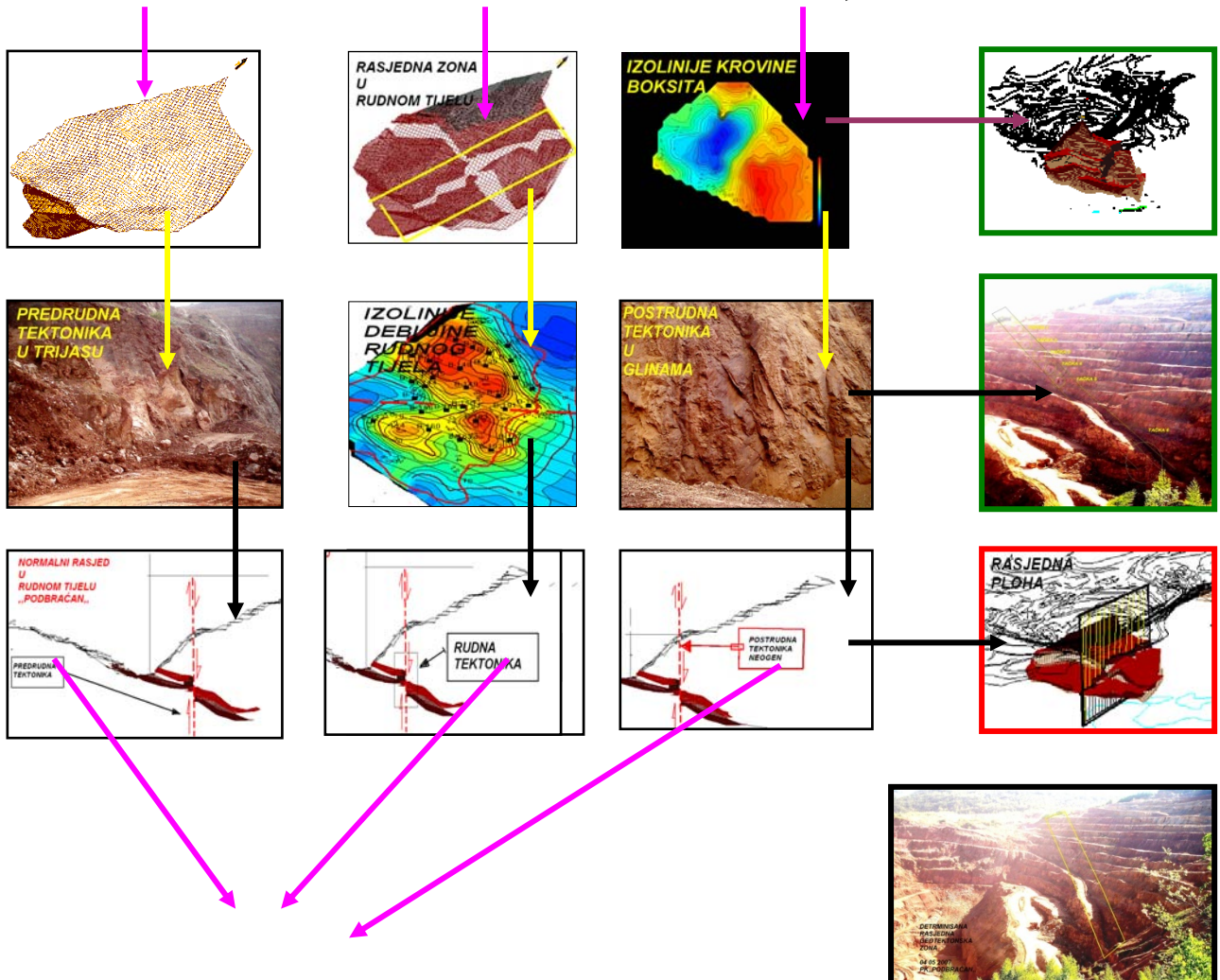
## 2/ ГЕНЕТСКИ ФАКТОРИ

- ПРЕДРУДНА ТЕКТОНИКА-
- РУДНА
- ПОСТРУДНА ТЕКТОНИКА



# РЕЗУЛТАТ КАЛКУЛАЦИЈЕ

$$R = (\text{ПРЕДРУДНА ТЕКТОНИКА} + \text{РУДНА ТЕКТОНИКА} + \text{ПОСТРУДНА ТЕКТОНИКА}) = \text{Расјед}$$

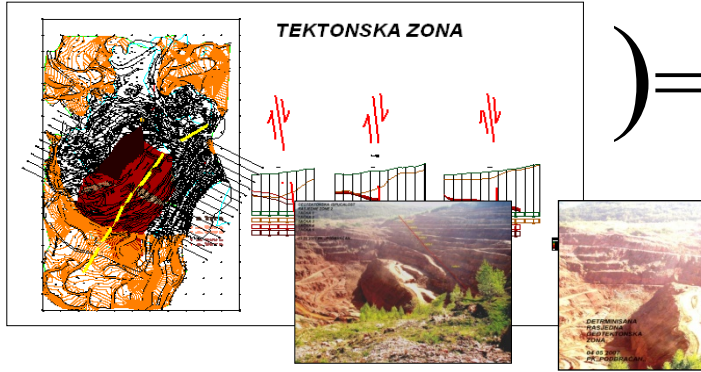


R(

Rasjed=  
(rezultat  
tektonike)

(pozicija i rang)

-(informacija na karti)



)=

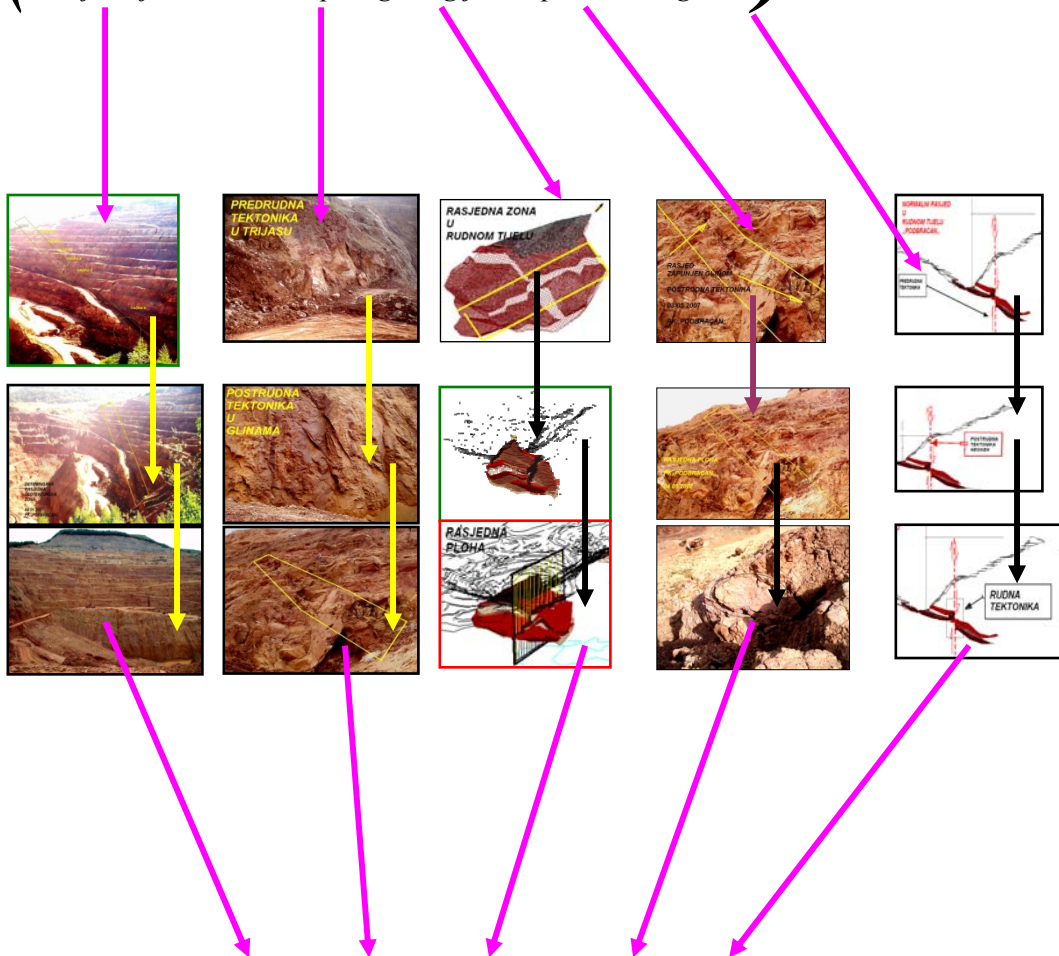
- koeficijent ili uticaj na faktor sigurnosti

- Automatska analiza tektonike

## KVALITETNA PREZENTACIJA

REZULTAT od 5 informacija

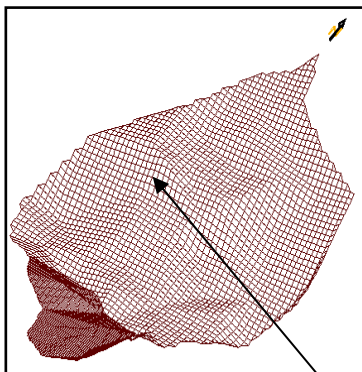
$R = (\text{utvdjivanje zone} + \text{sklop} + \text{geologija} + \text{ispucalost} + \text{geneza}) = \text{Tektonika}$



$$R \left( \begin{array}{c} \text{TEKTONSKA ZONA} \\ \text{[Map and cross-sections of a tectonic zone]} \end{array} \right) = \textit{Tektonika}$$

**PRIKAZIVANJE TEKTONIKE PUTEM KARATA**

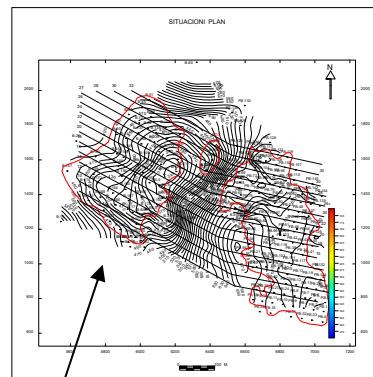
*a/ paleoreljef (trijas)*



*Mreža paleoreljefa*

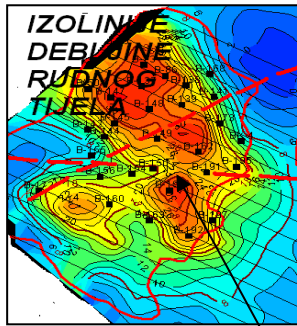
*( rasjedna zona )*

*Kreacija  
Determinacija  
Tendencija  
Sklop  
Utvrdivanje*



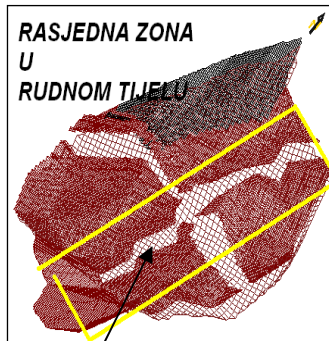
*Izolinije paleoreljefa*

**b/ rudno tijelo (boksita)**



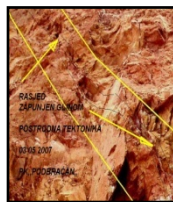
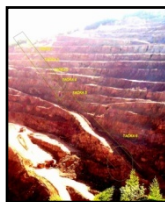
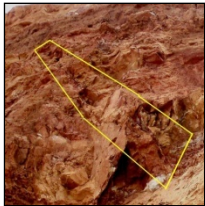
*Izolinije rudnog tijela*

*Karta  
Kreacija  
Determinacija  
Tendencija  
Sklop  
Utvrđivanje*



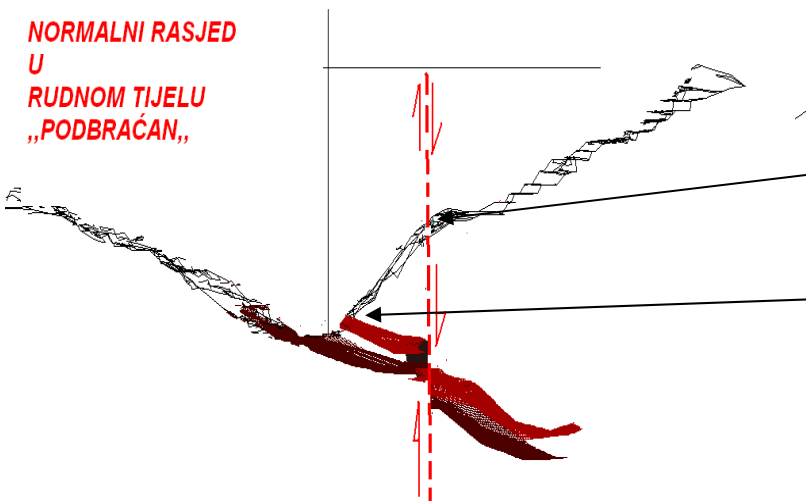
*Tektonika rudnog tijela*

**( rasjedna zona )**

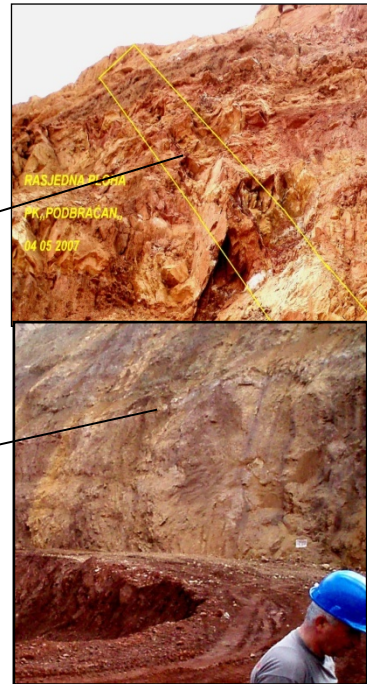


**C/ krovina ( rasjedna zona )**

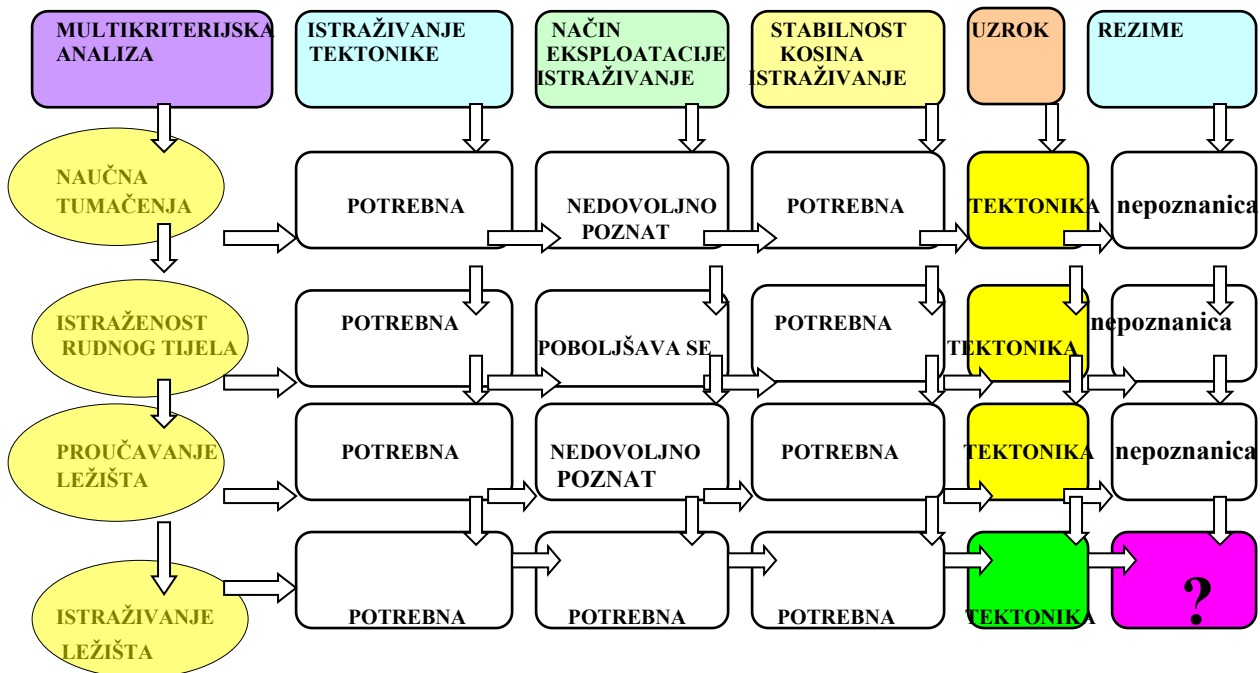
**NORMALNI RASJED  
U  
RUDNOM TIJELU  
„PODBRAĆAN,,**







**Prikaz konstrukcije multikriterijske analize i njihov uticaj na eksploataciju na PK „Podbraćan“, kad postoji geološka informacija o tektonici.**



SL. prikaz kako smjernice istraživanja dobijaju novi tok na osnovu kad je  
NEPOZNATA TEKTONIKA RUDNOG TIJELA

*Kako se vrijeme eksploatacije povećava tako se povećava i potreba za promjenom istraživanja u mnogim oblastima.*

## **-POSTOJEĆA GEOLOŠKO TEKTONSKA INFORMACIJA**

1/ KONSULTACIJA

2/ PRIMJENA INFORMACIJE I NJENA EFIKASNOST

3/ RENTABILNOST I OCJENA PRIHVATLJIVOSTI ISTRAŽIVANJA

## ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobivenih istraživanjem može se zaključiti da ovaj rad daje sve relevantne pokazatelje iz domena geoloških istraživanja kao i tektonske efekte.

Dalja geološka istraživanja mijenjaju smjer kod naučnih saznanja, geološko-ekonomske ocjene i ona se usmjeravaju ka determinaciji rudnog tijela.

- Na ležištu PK,,Podbraćan,, pored gore navedenog u ovom radu je ukazana potreba za rješavanje složenih procesa ležišta (stabilnost kosina, tektonike rudnog tijela) jer je to neophodno zbog buduće eksploatacije boksita.

- Ovim radom je obrazloženo da postojeća početno tehnička dokumentacija mijenja smjer i da je potrebna nova dokumentacija jer su se stvorili novi inženjersko-geološki uslovi a u cilju da obezbjedi što veći stepen iskorištenja dokazanih rezervi.

- Nalazi i ispitivanja u ovom izvještaju nam govore kako geološka istraživanja, planiranja, programiranja imaju veliki značaj kao geološka informacija koja bi uputila u dalji tok istraživanja kako bi se obezbjedio što veći dio iskorištenja mineralne sirovine.

Svi pomenuti parametri su posmatrani i analizirani u skladu sa do sada poznatim najsavremenijim principima i metodama koji regulišu ovu problematiku.

Na kraju, ponuđeni način istraživanja na PK,,Podbraćan,, će biti neka vrsta eksperimenta, koji kad se pokaže kao opravdan, ima svoju apsolutnu perspektivu i mogućnost primjene na ostalim lokalitetima.



## LITERATURA

1. Jeremić M. (1964): Istraživanje ležišta mineralnih sirovina, Tuzla.
  2. Katzer F. (1926): Geologija BiH, Sarajevo.
  3. Živaljević T. (1962): Izvještaj o izvršenim istražnim radovima i utvrđenim rezervama A + B kategorije na ležištu »Palež« kod Vlasenica za 1961. godinu, Sarajevo,
  4. Tietze E. (1880): Die Gegenden von Vlasenica – Srebrenica /Grundlinien der geologie von Bosnien und Herzegovina/, Jarb.d. ged Reichsanstet. Wien.
  
  5. Ranković M. (1963): Rudne parageneze u oblasti Srebrenice /Istočna Bosna/, Geološki glasnik, posebno izdanje, Sarajevo,
  6. Todorović M. (2003): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi crvenih boksita na ležištu »Crvene Stijene« kod Milića, AD "Boksit" – Milići,
  7. Todorović M. (2003): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi crvenih boksita na ležištu »Podbraćan«, AD "Boksit" – Milići,
- FSD RUDNIKA BOKSITA MILIĆI

# BAZA PODATAKA MINERALNIH, TERMALNIH I TERMOMINERALNIH VODA FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE U ArcGIS TEHNOLOGIJI

Natalija Samardžić<sup>1</sup>, Neven Miošić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federalni zavod za geologiju Sarajevo, Ustanička 11, e-mail: natalijasamardzic@yahoo.com

<sup>2</sup> Sarajevo, e-mail: nevenmi@bih.net.ba

## Abstract

Rad prezentuje sadržaj i strukturu baze podataka mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije Bosne i Hercegovine u softveru ArcGIS Desktop, čiji je proizvođač američka firma ESRI. Arc GIS je prepoznatljivo ime za ESRI-eve GIS proizvode.

Predmetna baza sadrži layere (slojeve) sa atributnim i relacionim tabelama i georeferencirane karte (Osnovna geološka karta, 1:100 000, Topografska karta 1:200 000).

Layeri grafički prikazuju:

- a) geološku osnovu karte,
- b) hidrogeohemijske oblasti,
- c) lokacije pojava i objekata sa osnovnim hidrogeološkim i fizičko-hemijskim karakteristikama voda (jonski i gasni sastav, specifične komponente, temperaturu, mineralizaciju, izdašnost) te sadašnje i potencijalno korištenje voda,
- d) oblasti rasprostranjenja voda, izdvojene po njihovim prepoznatljivim osobinama (mineralizacija, temperatura, radioaktivnost, gasni sastav, jonski sastav),
- e) odobrene istražne prostore,
- f) odobrena eksploataciona polja,
- g) administrativne granice,
- h) površinske vode,
- i) veća naseljena mjesta i
- j) važnije saobraćajnice.

Atributne i relacione tabele sadrže podatke o teritorijalnoj (administrativnoj) pripadnosti pojave/objekta, izdašnosti, temperaturi vode, mineralizaciji, litostratigrafskim karakteristikama akvifera, podine i krovine, sadašnjem stanju i korisniku pojave/objekta, tehničkim karakteristikama vodozahvata, fizičko-hemijskim, gasnim, radiološkim i izotopskim osobinama vode, njenom sadašnjem i potencijalnom korištenju, pripadnosti pojave/objekta datom ležištu i hidrogeohemijskoj oblasti, podatke o opitima crpljenja, eksploataciji, stanju NPV, istražnim i eksploatacionim poljima, koncesijama, rezervama te brojne druge rezultate istraživanja predmetnih voda. Osim toga, veliki je broj relacionih tabela, koje su kreirane tako da je obezbijeđeno brzo i jednostavno pretraživanje baze, kao i mnogobrojne mogućnosti grafičkog prikaza tj. brzo formiranje različitih vrsta karata po sadržaju i namjeni.

Navedena baza je vremenski neograničen projekat, koji se radi u Sektoru za hidrogeologiju Federalnog zavoda za geologiju – Sarajevo.

**Ključne riječi:** baza podataka, ArcGIS tehnologija, mineralne, termalne i termomineralne vode, Federacija Bosne i Hercegovine.

## 1. UVOD

ArcGIS tehnologija našla je veliku primjenu u hidrogeologiji, a prvenstveno se to ogleda u jasnoj i efektnoj prezentaciji podataka korištenjem karata, grafikona i izvještaja, pružanju brzih informacija pomoću prostornih i logičkih upita, manipulaciji prostornim i tabelarnim podacima te brojnim drugim mogućnostima.

Cilj rada je da prikaže sadržaj i strukturu Baze podataka mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije BiH, kao i da ukaže na mogućnosti i prednosti korištenja ArcGIS-a u svim fazama istraživanja uključujući i rad na terenu uz upotrebu savremenih GPS uređaja, koji podržavaju ArcGIS materijale te jednostavniju realizaciju hidrogeoloških projekata, a naročito onih koji obuhvataju izradu više vrsta karata u različitim razmjerama, zatim karata sa istom osnovom, a različitim detaljima i obrnuto.

Izrada baze podataka u GISu proistekla je iz projekta Katastar mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije BiH. U 2006. godini urađen je Program izrade katastra ovih voda [7], u okviru koga su definisani sadržaji segmenata navedenog katastra:

1. Katastarskog lista izvora i bušotine/kopanog bunara;
2. Karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda FBiH, 1:200 000 (u daljem tekstu Karta) i Tumača ove karte;
3. Kataloga mineralnih, termalnih i termomineralnih voda FBiH (izvod iz Katastra).

Nakon jednogodišnjeg terenskog, laboratorijskog i kabinetskog rada i saradnje sa institucijama u regionu (HGI-Zagreb, GISDATA-Zagreb), koje rade na istim ili sličnim projektima, došlo se do prikladnijeg sadržaja navedenih segmenata Katastra te je urađeno Uputstvo za izradu karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda FBiH [8] (u daljem tekstu Uputstvo) u kome su ugrađena nova iskustva i saznanja o savremenijim i boljim načinima prikaza podataka o ovim vodama.

U 2007. godini započet je rad na izradi forme GIS baze, koja je sadržala gotovo sve podatke definisane Uputstvom, tj. podatke katastarskog lista izvora, bušotine/kopanog bunara i navedene Karte. Kasnije je baza proširena s podacima o istražnim i eksploatacionim poljima, koncesijama, rezervama, odnosno elementima od značaja za izradu Plana upravljanja mineralnim sirovinama, a koji obuhvata i ove vode.

Baza se sastoji od kartografskog prikaza sačinjenog od više layera, koji poligonima, tačkama ili linijama grafički daju značajnije informacije o ležištima ovih voda, kao i pojedinačno o svakoj pojavi (izvoru) i objektu (bušotina, kopani bunar) na određenom ležištu te o istražnim i eksploatacionim poljima. Numeričke i tekstualne informacije svakog prostornog podatka sadržane su u atributnim tabelama layera, kao i u njihovim relacionim tabelama.

U radu će ukratko biti prikazani layeri sa sadržajem njihovih atributnih tabela, kao i sadržaji važnijih relacionih tabela.

## 2. METODOLOGIJA IZRADE BAZE PODATAKA

GIS baza podataka bazirana je na prikupljanju, selektovanju i obradi rezultata ranijih istraživanja, terenskom radu uz primjenu savremene terenske opreme (GPS uređaj, konduktivimeter, digitalni fotoaparati i dr.) i laboratorijskim ispitivanjima uzoraka voda prikupljenih na terenu, kao i obradi ovih podataka.

Zbog finansijske ograničenosti projekta, vrše se samo skraćene fizičko-hemijske analize i to za one pojave i objekte na kojima nikada nisu sprovedena analiziranja ili su ista nepouzdana ili pak davno izvršena, dok je predviđeno rekognosciranje svih pojava i objekata predmetnih voda.

Pri definisanju strukture i sadržaja baze podataka, osim Uputstva, autori su se dijelom oslanjali na Hidrogeološku banku podataka (Singer D., 1996) - [13], Uputstvo za izradu Karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Republike Bosne i Hercegovine, 1: 200,000 (Komatina M., Miošić N., 1993) - [4], Kartu mineralnih i termalnih voda SFRJ, 1:500 000 (Miošić i dr., 1983) - [6], Katalog pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine (Miošić, N., 1977) -[5], magistrarski rad "The

design of the geospatial groundwater data model for Bosnia and Herzegovina" (Ćeranić Ž., 2007) - [1] i na publikovani rad "Baza podataka hidrogeoloških karata" (Hajdin B. i dr., 2005) - [3].

GIS baza je strukturirana tako da daje veliki broj informacija, ujedno omogućuje brzo pretraživanje, kao i malu mogućnost greške prilikom unošenja podataka, što je postignuto kreiranjem više relacionih tabela sa definisanim sadržajem, kao što je relaciona tabela "SADASNJE\_koris" ("sadašnje korištenje") - tabela 1. Ova tabela sadrži sve načine sadašnjeg korištenja voda u FBiH i relacionom je odnosu sa atributnom tabelom layera „IBKB“ („izvor, bušotina, kopani bunar“), koji prikazuje pojave i objekte predmetnih voda (tabela 2 i tabela 3). Svaki način sadašnjeg korištenja ima identifikacioni broj (kolona SADkoris\_ID u tabeli 1). Također, atributna tabela layera „IBKB“ ima kolonu SADkoris\_ID u koju se, zavisno od vrste korištenja vode date pojave/objekta, upisuje jedan identifikacioni broj iz tabele "SADASNJE\_koris". Unošenjem samo jednog broja (npr. 4) umjesto, kucanja teksta (za opciju 4 „Flaširanje“) u atributnoj tabeli layera „IBKB“, smanjena je mogućnost tehničke greške, a relaciona veza (opcija Relates) obezbjeđuje da označavanjem jednog reda u tabeli "SADASNJE\_koris" ("sadašnje korištenje"), npr. flaširanje budu označene sve pojave i objekti koji se koriste u svrhe flaširanja vode date u tabeli layera „IBKB“ (vidi tabelu 1 i 2), što pojednostavljuje pretraživanje.

Svaki prirodni način isticanja voda (=izdansko oko, jama sa vodom i sl.) tretiran je kao izvor, dok vještački omogućen način pojavljivanja (zahvatanja) podzemnih voda kao bušotina (=bušotina, bušeni bunar, galerija i sl.) ili kao kopani bunar (=kopani bunar, šaht, iskop i sl).

Za jednu pojavu ili objekat prikazuju se sve postojeće fizičko-hemijske, gasne, radiološke i izotopske analize vode, osim onih za koje se ocijeni da nisu korektno urađene, a također se unose i rezultati svakog mjerenja izdašnosti, odnosno opita crpljenja na pojavi/objektu.

**Tabela 1. Relaciona tabela "SADASNJE\_koris" ("sadašnje korištenje")**

Sadašnje korištenje	SADkoris_ID
Pojava bez korištenja	1
Banja	2
Rekreacija	3
<b>Flaširanje</b>	<b>4</b>
Vodosnabdijevanje	5
Ekstrakcija čvrstih mineralnih sirovina iz voda	6
Ekstrakcija gasova iz voda	7
Termoenergetika-staklenici i grijanje tla	8
Termoenergetika-izmjenjivači toplote	9
Termoenergetika-grijanje prostora i grijanje zgrada	10
Termoenergetika-toplotne pumpe	11
Termoenergetika-drugo	12
Rekreacija, vodosnabdijevanje	13
Vodosnabdijevanje, termoenergetika-toplotne pumpe	14

**Tabela 2. Atributna tabela layera „IBKB“ („izvor, bušotina, kopani bunar“)**

Naziv	Lokalitet	SADkoris_ID	POTENCKoris_ID	...
B-1	Blažuj-Ilidža	4	10	
IB-10	Ilidža	1	13	
BK-1	Ljubače-Tuzla	4	6	
IB-2	Ilidža	9	10	

### 3. SADRŽAJ I STRUKTURA BAZE

#### 3.1. LAYERI I ATRIBUTNE TABELE

Tačkastim layerom „IBKB“ („izvor, bušotina, kopani bunar“) su na Karti, prikazane pozicije pojava i objekta, gasni sastav, jonski sastav i specifične komponente, kao i sadašnje i moguće (perspektivno) korištenje vode. Ovaj layer sadrži sve registrovane pojave i objekte sa mineralnim, termalnim i termomineralnim vodama u Federaciji BiH, dok Karta može biti štampana u bilo kojoj razmjeri i zavisno od razmjere obuhvatiće one pojave i/ili objekte koji obezbjeđuju preglednost Karte i reprezentativan prikaz ležišta.

Relacione tabele ovog layera se mogu vidjeti na slici 1, dok su sadržaji navedenih tabela dati u poglavlju 3.2. Atributna tabela ovog layera sadrži podatke, koji su zajednički za pojavu i objekat (tabela 3).

Layerom "HIDROGEOHEMIJSKA OBLAST" su na Karti, poligonima, prikazane hidrogeokemijske oblasti prema relacionoj tabeli ovog layera ("HGH\_oblast"="hidrogeohemijska oblast"). Sadržaj relacione tabele "HGH\_oblast" može se vidjeti u tabeli 17. Svako izdvojenoj hidrogeohemijskoj oblasti na Karti, u atributnoj tabeli (tabela 4), dat je naziv, u kome je sadržano porijeklo vode (atmosfersko, morsko...), dominantni gas u vodi i lokalitet, npr. CO<sub>2</sub> vode atmosferskog porijekla-Blažuj.

Poligonim layerom "VRSTA VODE", odgovarajućom simbologijom na Karti, prikazane su oblasti rasprostranjenja voda izdvojene po njihovim prepoznatljivim osobinama (mineralizacija, temperatura, radioaktivnost, gasni i jonski sastav), odnosno prema tabeli "Vrsta\_vode" (tabela 18). U atributnoj tabeli ovog layera (tabela 5) upisuje se naziv izdvojene oblasti, koji se sastoji od vrste vode (mineralna, termalna, termomineralna, povremeno mineralna), lokaliteta, i karakteristične komponente u vodi, npr. "Mineralne CO<sub>2</sub> i HCO<sub>3</sub> vode Žepča".

Layeri "ISTRAŽNI PROSTOR" i "EKSPLOATACIONO POLJE" grafički (poligonima) prikazuju površinu na kojoj je odobreno istraživanje, odnosno eksploatacija mineralne, termalne ili termomineralne vode, dok su u atributivnim tabelama ovih layera (tabele 6 i 7), u skladu sa Pravilnikom o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi podzemnih voda i vođenju evidencije o njima [11], prikazani osnovni podaci o istražnom/eksploatacionom prostoru, preduzeću koje vrši istraživanje/eksploataciju, podaci o roku važenja odobrenja, tipu ležišta podzemnih voda, namjeni, načinu eksploatacije i distribucije podzemne vode i sl. U relacionim tabelama ovih layera „KOORD\_IP“ (tabela 13) i „KOORD\_EP“ (tabela 14) prikazane su koordinate prelomnih tačaka istražnog/eksploatacionog prostora (X, Y) i to na način da svakoj prelomnoj tački odgovara jedan zapis (red) u tabeli.

Poligoni layer "KANTON" prikazuje kantone Federacije BiH i relacionom je odnosu sa atributnom tabelom layera „IBKB“, čime je omogućeno lakše izdvajanje pojava i/ili objekata koje pripadaju određenom kantonu.

Osim navedenih sastavni dio GIS baze su i layeri koji prikazuju geološke karakteristike terena (litostratigrafiju i tektoniku), površinske vode, naseljena mjesta i saobraćajne komunikacije. Geološku kartu 1:100 000, koja je osnova Karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda u GISu, izradio je Hazim Hrvatović (Federalni zavod za geologiju Sarajevo).

### 3.2. RELACIONE TABELE

Tabelom "IBKB\_DOP" ("izvor, bušotina, kopani bunar – dopuna") daju se dopunski podaci o objektu prikazanom layerom "IBKB". Sadrži iste kolone kao i atributna tabela layera "IBKB", osim podataka o geografskom položaju objekta. Ova tabela obuhvata samo one objekte na kojima je po dubini/dužini otkriveno više vrsta voda. U atributnoj tabeli layera "IBKB" se unose podaci o vodi koja je objektom zahvaćena, odnosno intervalu koji je kaptiran, dok se u relacionoj tabeli "IBKB\_DOP" prikazuju druge dokazane vode (vode drugih intervala). U relaciji je sa layerom "IBKB" i sa istim tabelama kao i navedeni layer, osim tabela "IZVOR" "BKB", "Izdasnost\_I", "Izdasnost\_BKB", "FHA", "PLIN", "RA" i "IA".

Tabela „IZVOR“ (tabela 8) obuhvata podatke, koji su tipični za pojavu, kao što su režim izvora (stalan ili povremen), tip izvora (uzlazni ili silazni), način kaptiranja (kaptiran, nekaptiran, primitivno kaptiran ili djelimično kaptiran) i sl.

U tabeli „BKB“ (tabela 9) su prikazani podaci o objektima (konstrukciji bušotine/kopanog bunara, dubini do prvog i maksimalnog priliva vode, dubini do priliva sa maksimalnom temperaturom i sl.).

Tabela „Izdasnost\_I“ ("izdašnost izvora") je u relaciji sa tabelom „IZVOR“. U tabeli „Izdasnost\_I“ se daju izdašnosti i temperature vode pojave po datumima mjerenja (tabela 10).



Tabela „Izdasnost\_BKB“ (“izdašnost bušotine/kopanog bunara“) je relaciona tabela tabele „BKB“. Prikazuje podatke o kapacitetu crpljenja i/ili samoizliva vode i sniženju nivoa na objektu po datumima mjerenja (tabela 11).

Tabele „FHA“ (“fizičko–hemijska analiza“), „PLIN“ (“analiza plinova“), RA“ (“radiološka analiza“) i “IA” (“izotopska analiza“) sadrži fizičko – hemijske, gasne i radiološke analize vode i izotopske analize vode, totalnog karbonata, CO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub> i sedre svake pojave/objekata iz layera „IBKB“.

Relaciona tabela "LEŽIŠTE" prikazuje ležišta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda u Federaciji BiH (tabela 12). Sadrži kratak naziv ležišta (npr. Blažuj CO<sub>2</sub>"), lokalitet i tip vode (mineralna, termalna, termomineralna i povremeno mineralna). U relacionoj je vezi sa atributnom tabelom layera „IBKB“ i pomoću nje su izdvojene pojave i objekti layera „IBKB“, za koje se, prema dosadašnjim istraživanjima, može pretpostaviti da pripadaju nekom ležištu.

**Layera "IBKB" („izvor, bušotina, kopani bunar")**

POJAVA/ OBJEKAT	KANTON_ID	OPSTINA_ID	LIST OHGK	LIST TK25	LOKALNOST	NAZIV	X	Y	Z, m	Sadašnja aktivnost IBKB	Tehničko stanje IBKB	Korisnik	HGKoblast_ID
--------------------	-----------	------------	--------------	--------------	-----------	-------	---	---	---------	-------------------------------	----------------------------	----------	--------------

Objekat – tačku. U kolone koje u nazivu imaju ID upisuje se broj (ID) iz odgovarajuće relacije tabele sa definisanim sadržajem, što vrijedi i za druge tabele)

JON_ID	SPECKomp_ID	TEMP_ID	SADkoris_ID	POTENCKoris_ID	Mineralizacija, g/l	Temperatura vode, °C	Izdašnost crplj. l/s	Izdašnost samoiz. l/s	Statički nivo, m	Vrsta vode
Podj	POROZNOSTakvif_I D	KROVINAAkvif_I D	Stratigrafij a krovine	PODINAakvif_I D	Stratigrafij a podine	MAKROKOMP_I D	DOPUN A	Link prilo g	Prikaza n na Karti	Zaštit a

**Layera "HIDROGEOHEMIJSKA OBLAST"**

Naziv

Izdvojenu hidrogeohemijsku oblast - poligon)

**Tabela 5. Atributna tabela layera "VRSTA VODE"**

VRSTA\_ID Voda/Lokacija

(Popunjava se za svaku oblast (poligon), koja je izdvojena po prepoznatljivim osobinama vode (mineralizacija, temperatura, radioaktivnost, plinski satav, ionski sastav))

**Layera "ISTRAŽNI PROSTOR"**

Mjesto	Opština	Kanton	Ležište	Vrsta vode	Period	Početak radova	Završetak	Izdao	Sjedište	Br. Rješenja	Datum	Dopuna
--------	---------	--------	---------	---------------	--------	-------------------	-----------	-------	----------	-----------------	-------	--------

... je donio ovlašteni organ)

**Layera „EKSPLOATACIONO POLJE"**

Opština	Kanton	Ležište	Vrsta vode	Period	Početak radova	Završetak	Prob. eskpl.	Tip vodoz.	Namjena	Distribucija	Izdavao	Sjedište	Br. Rješenja	Datum	Dopuna
---------	--------	---------	---------------	--------	-------------------	-----------	-----------------	---------------	---------	--------------	---------	----------	-----------------	-------	--------

... je donio ovlašteni organ)

**IZVOR"**

Izdašnost_I_ID	Režim	Tip izvora	Kaptaža	Dopuna
----------------	-------	------------	---------	--------

**BKB" – „ bušotina, kopani bunar"**

NPV_ID	Statički NPV, m	Dubina BKB, m	Dubina do vodon. horizonta, m	Dubina do podine vodon. horizonta, m	Dubina prvog priliva vode, m	Dubina max priliva, m	Dubina max temp vode., m	D ekspl. kolone, mm
--------	--------------------	------------------	----------------------------------	---	---------------------------------	--------------------------	-----------------------------	------------------------

Interval ugrad. filtra, m      D buš. za filter, mm      D filtra, mm      Open-hole, m      Dubina do vod. tijela, m      Godina izrade      Dopuna

**Tabela 10. Relaciona tabela „Izdasnost\_I“ – "izdašnost izvora"**

Izdasnost\_I\_ID      Q, l/s      Tvode, °C      Tzraka, °C      Datum      Dopuna

(Popunjava se samo za pojave o kojima postoje podaci o izdašnosti i/ili temperature vode.)

**Tabela 11. Relaciona tabela „Izdasnost\_BKB“ – “izdašnost bušotine/kopanog bunara“**

Izdasnost\_BKB\_ID      Q, l/s      S, m      Tvode, °C      Tzraka, °C      Datum      Dopuna

(Popunjava se samo za objekte o kojima postoje podaci o izdašnosti, sniženju i/ili temperature vode.)

**Tabela 12. Relaciona tabela "LEŽIŠTE"**

L\_ID      Naziv      Lokalnost      Tip vode      Rezerve\_ID      Koncesija\_ID

**Tabela 13. Relaciona tabela "KOORD\_IP"-"koordinate istražnog prostora"**

IstrazProstor\_ID      Tačka      X      Y

**Tab. 14. Relaciona tabela "KOORD\_EP"-"koordinate eksploatacionog polja"**

EksploPolje\_ID      Tačka      X      Y

**Tabela 15. Relaciona tabela "REZERVE"**

Rezerve\_ID      Ustanova      Mjesto      Rjesenje      Datum      Lokalitet      Pojava/objekt      Vrsta vode      Stanje na dan      A, l/s      A, m<sup>3</sup>/god      B, l/s      B, m<sup>3</sup>/god      A+B, l/s      A+B, m<sup>3</sup>/god      C1, l/s      C1, m<sup>3</sup>/god      C2, l/s      C2, m<sup>3</sup>/god

(Popunjava se prema Rješenju koje je donio nadležni organ. Vrijednosti rezervi se upisuju u l/s dok se m<sup>3</sup>/god preračunavaju pomoću opcije Calculate values...).

Nastavak tabele

D1, l/s      D1, m<sup>3</sup>/god      D2, l/s      D2, m<sup>3</sup>/god      UK. REZERVE, l/s      UK. REZERVE, m<sup>3</sup>/god      BILANSNE REZERVE, l/s      BILANSNE REZERVE, m<sup>3</sup>/god      EKSP. REZERVE, l/s      EKSP. REZERVE, m<sup>3</sup>/god      POTENC. I PROG. REZERVE, l/s      POTENC. I PROG. REZERVE, (m<sup>3</sup>/god)      PROIZVEDENO, l/s      PROIZVEDENO, m<sup>3</sup>/god      Dopuna

**Tabela 16. Relaciona tabela "KONCESIJA"**

Koncesija\_ID      Koncesor-sjedište      Koncesionar-sjedište      Odluka      Ugovor      Lokalitet/Opština      Pojava/Objekat      Predmet koncesije      Q, l/s      Važenje konc.      Dopuna

Tabela "REZERVA" sadrži podatke o potvrđenim rezervama ležišta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije BiH, za koja je nadležna institucija donijela rješenje (tabela 15). U relaciji je sa tabelom "LEŽIŠTE".

Tabela „KONCESIJA“ (tabela 16) sadrži informacije o dodijeljenim koncesijama, za koje je nadležna institucija donijela Odluku o korištenju vode. Ova tabela je u relacionom odnosu sa tabelom "LEŽIŠTE".

Tabele iz prethodnog teksta se popunjavaju, dok će u tekstu koji slijedi biti ukratko opisani sadržaji relacionih tabela sa definisanim sadržajem, koje služe za popunjavanje prethodnih na način kako je prikazano u poglavlju 2. na primjeru tabela 1 i 2. Tabela 1 (relaciona tabela "SADASNJE\_koris" ) ima određen sadržaj, dok se tabela 2 (atributna tabela layera „IBKB“) popunjava. Tabela 1 može biti nastavljena (dopunjena) ukoliko se ustanovi da su u FBiH aktuelni i drugi načini korištenja predmetnih voda. Analogno prethodnom, mogu se dopunjavati i tabele "POTENCIJALNO\_koris", "SPECIF\_komp", "Litologija\_akvifera", „KrovinaAkvifera“, „PodinaAkvifera“, "Makrokomponente", "IzvršilacAnalize". dok su tabele "Opština", "HGH\_oblast", "Vrsta\_vode", "PLIN\_sastav", "JON\_sastav", "TEMPERATURA", "POROZNOST" i "NPV" fiksnog sadržaja i ne proširuju se.

Opštine u Federaciji BiH su sadržane u tabeli "Opština". Relacionom vezom ove tabele sa layerom „IBKB“ je omogućeno lakše određenje pripadnosti pojava i objekata iz layera „IBKB“ datoj opštini.

Sadržaj tabela "HGH\_oblast", "Vrsta\_vode", "PLIN\_sastav", "JON\_sastav", "TEMPERATURA", "POROZNOST" i „NPV“ može se vidjeti u tabelama 17-23. Tabela „NPV“ je u relacionom odnosu sa tabelom „BKB“ i služi da se svakom objektu u tabeli „BKB“ dodijeli jedna osobina statičkog nivoa podzemne vode (slobodni, arteški, subarteški).

**Tabela 17. Relaciona tabela "HGK oblast" ("hidrogeohemijska oblast") – prema literaturi [6]**

Tip	Porijeklo	Jonski sastav, mineralizacija	HGHoblast_ID
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> vode područja razvića mladih magmatskih i termometamorfni procesa	Atmosfersko	Hidrokarbonatno-Ca,Mg-Ca i Mg-Ca-Na sa M do 5,0 g/l	1
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> vode područja razvića mladih magmatskih i termometamorfni procesa	Atmosfersko	Sulfatno-hidrokarbonatno-Mg-Ca i Na-Mg-Ca sa M do 5 g/l	2
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> vode područja razvića mladih magmatskih i termometamorfni procesa	Atmosfersko	Različitog, obično složenog anionskog sastava, Na i Ca-Na, silicijske, termalne sa M do 10,0 g/l	3
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> vode područja razvića mladih magmatskih i termometamorfni procesa	Atmosfersko	Sulfatno-hloridno-Na i Ca-Na sa M do 15,0 g/l	4
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> vode područja razvića mladih magmatskih i termometamorfni procesa	Atmosfersko	Hidrokarbonatno-Na sa M do 35,0 g/l	5
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> vode područja razvića mladih magmatskih i termometamorfni procesa	Jezersko-kontinentalno	Sulfatno-hloridne i hidrokarbonatno-sulfatno-hloridno-Na i Mg-Na sa M do 35,0 g/l	6
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> vode područja razvića mladih magmatskih i termometamorfni procesa	Morsko ili miješano	Hidrokarbonatno-hloridno-Na, rjeđe hloridno-Ca-Na sa M do 35,0 g/l	7
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> vode područja razvića mladih magmatskih i termometamorfni procesa	Morsko ili miješano	Hloridno-Na i Ca-Na sa M do 35,0 g/l	8
N <sub>2</sub> i N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> , pretežno termalne vode oblasti mladih tektonskih pokreta i rasjedanja	Atmosfersko	Različitog anionskog sastava, Na,Ca-Na, silicijske, fluorne, pretežno termalne vode sa M do 1,0 g/l, rjeđe do 10,0 g/l	9
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Atmosfersko	Različitog jonskog sastava, termalne sa M do 2,0 g/l, dušične i CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub>	10
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Atmosfersko	Hidrokarbonatno-sulfatne, različitog kationskog sastava sa M 1,0-5,0 g/l, rjeđe preko 5,0 g/l, dušične	11
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Atmosfersko	Hloridne i hloridno-sulfatno-Na i Ca-Na sa M 1,0-15,0 g/l, rjeđe preko 15,0 g/l, dušične	12
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Morsko ili miješano	Sulfatno-hloridno-Na i Ca-Na, sa M 1,0-35,0 g/l, dušične	13
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Morsko ili miješano	Hloridno-Na i Ca-Na, različite M 1,0-10,0 g/l, dušične	14
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Morsko ili miješano	Hloridno-Na i Ca-Na, različite M 10,0-35,0 g/l, dušične	15
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Morsko ili miješano	Hidrokarbonatno-hloridno-Na sa M 1,0-15,0 g/l, metanske i N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>	16
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Morsko ili miješano	Kloridno-Na i Ca-Na, sa M 1,0-10,0 g/l, metanske i N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>	17
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Morsko ili miješano	Hloridno-Na i Ca-Na sa M 10,0-35,0 g/l, metanske i N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>	18
N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> i CH <sub>4</sub> vode arteških bazena	Morsko ili miješano	Hloridno-Na i Ca-Na sa M preko 35,0 g/l, metanske i N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>	19
Nepoznat	Nepoznato	Nepoznato	20

(M=mineralizacija)

Termomineralna	SO <sub>4</sub>	21
Mineralna	H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub>	22
Povremeno mineralna	SO <sub>4</sub>	23

**Tabela 18. Relaciona tabela "Vrsta\_vode"**

Vrsta vode	Podvrsta	VRSTA ID
Mineralna	Ugljično-kisela i HCO <sub>3</sub>	1
Mineralna	Sumporovodična i SO <sub>4</sub>	2
Mineralna	Slana	3
Mineralna	As-Fe-SO <sub>4</sub>	4
Mineralna	Radioaktivna	5
Mineralna	Ostalo	6
Termalna	Hidrokarbonatna	7
Termalna	Hiperalkalna	8
Termalna	Radioaktivna	9
Termalna	Ostalo	10
Termomineralna	Ugljično-kisela i HCO <sub>3</sub>	11
Termomineralna	Sumporovodična i SO <sub>4</sub>	12
Termomineralna	Slana	13
Termomineralna	As-Fe-SO <sub>4</sub>	14
Termomineralna	Radioaktivna	15
Termomineralna	S višim ugljikovodicima	16
Termomineralna	Hiperalkalna	17
Termomineralna	H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub>	18
Termomineralna	Ostalo	19
Mineralna	SO <sub>4</sub>	20

**Tabela 20. Relacina tabela "PLIN\_sastav" ("plinski sastav") - prema literaturi [6]**

Vrsta plina	PLIN ID
Kisikovo-dušični (O <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> )	1
Dušični (N <sub>2</sub> )	2
Metanski (CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S-N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> )	3
Ugljičnodioksidni (CO <sub>2</sub> )	4
Dušično-ugljičnodioksidni (N <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> ), (CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> )	5
Sumporovodikovo-ugljičnodioksidni (H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> S)	6
Neispitan plin	7

**Tabela 22. Relaciona tabela "TEMPERATURA" - prema literaturi [6]**

Temperaturatuta	TEMP_ID
<20 °C	1
20-35 °C	2
35-75 °C	3
75-100 °C	4
>100 °C	5
Nepoznata	6

**Tabela 19. Relaciona tabela "JON\_sastav" ("jonski sastav") – prema literaturi [6]**

Porijeklo	Jonski sastav, mineralizacija	JON ID
Atmosfersko	Razlicitog anionskog sastava-Na i Ca-Na, pretežno termalne silicijsko-fluorne vode sa M 1,0-2,0 g/l, rjede do 10,0 g/l	1
Atmosfersko	Razlicitog jonskog sastava, najcesce termalne sa M do 2,0 g/l	2
Atmosfersko	Razlicitog jonskog sastava, hladne sa M do 5,0 g/l i povišenim sadržajem Ra	3
Atmosfersko	Hidrokarbonatno-Ca, Mg-Ca i Mg-Ca-Na sa M do 5,0 g/l	4
Atmosfersko	Sulfatno-hidrokarbonatno-Mg-Ca i Na-Mg-Ca sa M do 5 g/l, rjede preko 5,0 g/l	5
Atmosfersko	Sulfatno-hloridno-Na i Ca-Na sa M do 15,0 g/l	6
Atmosfersko	Hidrokarbonatno-Na sa M do 35,0 g/l	7
Atmosfersko	Sulfatno-hloridno-Na i Ca-Na sa M 15,0 do 35,0 g/l, rjede preko 35,0 g/l	8

Jezersko-kontinentalno	Sulfatno-hloridne i hidrokarbonatno-sulfatno-hloridno-Na i Mg-Na sa M 1,0-35,0 g/l	9
Morsko ili miješano	Sulfatno-hloridno-Na i Ca-Na sa M 1,0-35,0 g/l	10
Morsko ili miješano	Hloridno-Na i Ca-Na sa M 1,0-10,0 g/l	11
Morsko ili miješano	Hloridno-Na i Ca-Na sa M 10,0 do 35,0 g/l	12
Morsko ili miješano	Hloridno-Na i Ca-Na sa M preko 35,0 g/l	13
Morsko ili miješano	Hidrokarbonatno-hloridno-Na i Ca-Na sa M 1,0 do 5,0 g/l, rjede do 35,0 g/l	14
Nepoznato	Nepoznate	15

**Tabela 21. Relaciona tabela "POROZNOST" ("poroznost akvifera")**

Poroznost akvifera	POROZNOSTakvif ID
Intergranularna	1
Pukotinska	2
Kavernozno-pukotinska	3

**Tabela 23. Relaciona tabela "NPV" ("nivo podzemne vode")**

NPV	NPV_ID
Slobodni	1
Arteški	2
Subarteški	3

Tabela "SPECIF\_komp" ("specifične komponente") sadrži deset specifičnih komponentata (Fe  $\geq$  10,0 mg/l, As  $\geq$  1,0 mg/l, Br  $\geq$  25,0 mg/l, J  $\geq$  5,0 mg/l, F  $\geq$  5,0 mg/l, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>  $\geq$  50 mg/l, H<sub>2</sub>S  $\geq$  5,0 mg/l, CO<sub>2</sub>  $\geq$  500,0 mg/l, Rn  $\geq$  133,2 Bq/l, Ra  $\geq$  0,185 Bq/l), kao i kombinacije ovih komponentata (npr. Fe  $\geq$  10,0 mg/l i CO<sub>2</sub>  $\geq$  500,0 mg/l).

Sadržaj tabela "SADASNJE\_koris" ("sadašnje korištenje") se može vidjeti u tabeli 1.

Tabela "POTENCIJALNO\_koris" ("potencijalno korištenje") ima sedam osnovnih načina perspektivnog korištenja mineralnih, termalnih i termomineralnih voda (1 - banja, 2 - rekreacija, 3 - flaširanje, 4 - vodosnabdijevanje, 5 - Ekstrakcija čvrstih mineralnih sirovina iz voda, 6 - ekstrakcija gasova iz voda, 7 - termoenergetika) kao i neke od kombinacija ovih vidova korištenja.

Tabela "Litologija\_akvifera" prikazuje vrsta stijena i kombinacija stijena u kojima se u BiH pojavljuju mineralne, termalne ili termomineralne vode (npr. 1-krečnjaci, 2-krečnjaci i dolomiti itd.) tj. koje predstavljaju akvifere ovih voda.

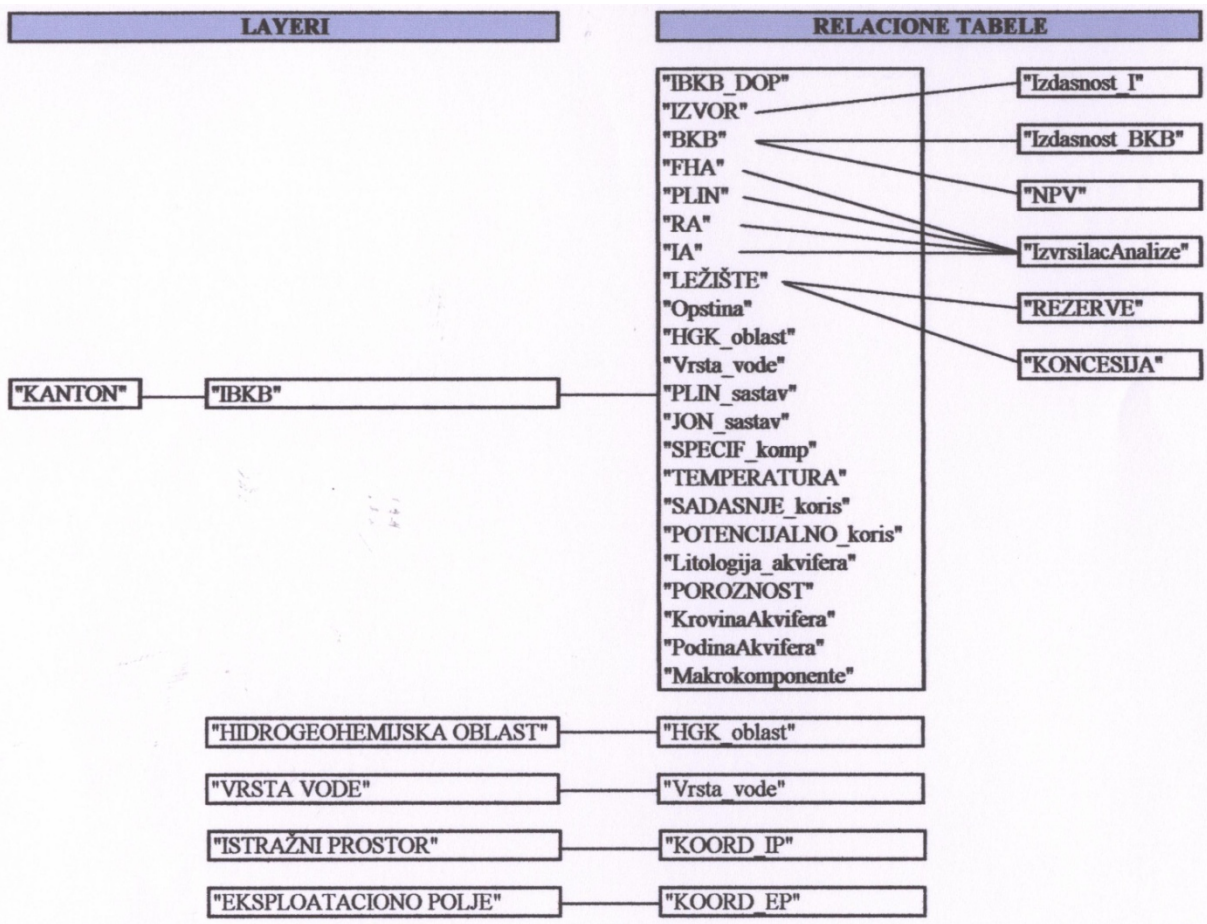
Tabela „KrovinaAkvifera“ sadrži vrste stijena, koje su zastupljene na području BiH u krovini akvifera predmetnih voda.

„PodinaAkvifera“ predstavlja tabelu utvrđenih ili pretpostavljenih vrsta stijena, koje čine podinu akvifera.

Tabela "Makrokomponente" ("makrokomponentni jonski sastav vode") prikazuje makrokomponentni jonski sastav voda zastupljenih u FBiH u formi HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg, SO<sub>4</sub>-Ca itd.

Relaciona tabela "IzvršilacAnalize" prikazuje ustanove koje su radile fizičko-hemijske, gasne, radiološke i izotopske analize mineralnih, termalnih i termomineralnih voda. U relacionom je odnosu sa sljedećim tabelama ("FHA", „PLIN“, "RA", "IA").

Relacione veze layera i tabela mogu se vidjeti na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz relacionih veza layera i tabela

#### 4. POSTIGNUTI REZULTATI

Rezultat rada na izradi Baze jeste brzi uvid u podatke o raspoloživim resursima mineralnih, termalnih i termomineralnih voda u FBiH.

Neke od mogućnosti manipulacije sa podacim iz baze su:

- brzo i jednostavno formiranje karata sa različitim sadržajem kao npr. prikaz pojava i objekata po kategorijama temperature (prema tabeli 22) ili po zadatim kategorijama mineralizacije (npr.  $M < 0,5$  g/l,  $M = 0,5-1$  g/l,  $M > 1$  g/l), kao i po drugim parametrima, koji su sadržani u atributnim tabelama layera,
- jednom ucrtani prostorni podaci sa pripadajućim atributima (npr. izvori i bušotine) mogu biti dodati na bilo koju georeferenciranu kartu u GISu (nezavisno od vrste i razmjere) uz samo jedan potez (add data),
- atributne i relacione tabele mogu biti eksportovane u Microsoft Office programe (Access, Excel, Word i dr.) ili dodate na bilo koju kartu u GISu,
- bilo koja atributna i relaciona tabela može biti spojena (opcija Joins) u jednu tabelu i kao takva biti dodana na kartu ili eksportovana u drugi program (npr. Excel), a također može biti i štampana u vidu izvještaja (opcija Report),
- Prema podacima iz svih vrsta tabela moguće je napraviti različite dijagrame i dodati ih na kartu ili ih eksportovati u neki drugi program,
- selektovanjem po atributima i lokacijama, odnosno postavljanjem različitih upita moguća su različita analiziranja kao npr. uočavanja zakonomjernosti u pojavljivanju raznih vrsta voda i sl.

GIS baze podataka se može koristiti na terenu preko savremenih GPS uređaja. Ovi uređaji omogućuju vrlo jednostavno prenošenje cijele GIS baze podataka ili njenih dijelova (npr. georeferenciranih topografskih karata sa layerom, koji prikazuje pojave i objekte) sa računara na GPS uređaj, doradu baze na terenu (npr. ucrtavanje novih pojava i objekata ili korigovanje njihovih pozicija) i vraćanje doradene baze sa GPS-a na računar.

#### 5. ZAKLJUČAK

Baza podataka mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije BiH se radi po prvi put u FBiH i uložena je velika napor u njeno strukturiranje, transferiranje iskustava iz svijeta, posebno iz regiona te prilagođavanje istih teritoriji i karakteristikama voda FBiH.

Ovo je projekat od velikog značaja za izradu Plana upravljanja mineralnim sirovinama, koji uključuje mineralne, termalne i termomineralne vode, zatim za izradu Jedinственog informacionog sistema u oblasti prostornog planiranja i uređenja, izradu projekata detaljnih istraživanja i projekata zaštite ovih voda, kao i aktivnosti koje proističu iz Okvirne direktive o vodama EU WFD 2000/60, a naročito se to odnosi na izradu GIS mapa u GISu koje navedena direktiva preporučuje. Neke od ovih mapa su: 1) Mapa lokacija i granica tijela podzemnih voda, 2) Mapa monitoring mreža za podzemnu vodu, 4) Mapa kvantitativnog statusa podzemne vode i 5) Mapa kvalitativnog statusa podzemne vode.

Baza je kontinualan projekat, koji će se vremenom korigovati, poboljšavati i proširivati, kako novim layerima i georeferenciranim i vektorizovanim kartama različitih razmjera i sadržaja, tako i rezultatima novih istraživanja predmetnih voda.



## LITERATURA

- [1] Čeranić Ž., 2007: The design of the geospatial groundwater data model for Bosnia and Herzegovina. Magistarski rad. Manchester Metropolitan University, UNIGIS;
- [2] ESRI educational services: Uvod u ArcGIS I, predavanja, Prevod GISDATA, Zagreb
- [3] Hajdin B., Stevanović Z., Dokmanović P., Milanović S., Jemcov I., 2005: Baza podataka hidrogeoloških karata, 14. kongres geologa Srbije i Crne Gore sa međunarodnim učešćem, Novi Sad;
- [4] Komatina M., Miošić, N. i dr. 1993: Uputstvo za izradu Karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Republike Bosne i Hercegovine, 1: 200,000, Zavod za geologiju, Sarajevo;
- [5] Miošić, N., 1977: Katalog pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine, "Geoinženjering Sarajevo, Institut za geotehniku i hidrogeologiju, Sarajevo;
- [6] Miošić N., Radulović V., Radulović M., Popović Z., Kotevski G., Žlebnik L.J., Protić D., 1983: Karta mineralnih i termalnih voda SFRJ, 1:500 000, Savezni geološki zavod, Beograd;
- [7] Miošić N., Samardžić N., 2006: Program izrade katastra mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije Bosne i Hercegovine, Federalni zavod za geologiju, Sarajevo;
- [8] Miošić N., Samardžić N., 2007: Uputstvo za izradu Karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije Bosne i Hercegovine, 1:200,000, Federalni zavod za geologiju, Sarajevo;
- [9] Office for Official Publications of the European Communities-Luxembourg, 2003: Zajednička strategija implementacije za Okvirnu direktivu o vodama (2000/60/EC) - Implementacija Elemenata Geografskog Informacionog Sistema (GIS) Okvirne direktive o vodama, Vodič dokument br. 9, Prevod-verzija 2.0;
- [10] Protić D., 1983: Tumač za kartu mineralnih i termalnih voda SFR Jugoslavije 1:500 000, Beograd;
- [11] Službeni list SFRJ, broj 34/79: Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi podzemnih voda i vođenju evidencije o njima;
- [12] Sl. novine Federacije BiH br. 33/07: Uredba o sadržaju i nositeljima jedinstvenog informacionog sistema, metodologiji prikupljanja i obradi podataka, te jedinstvenim obrascima na kojima se vode evidencije;
- [13] Singer D., 1996: Banka hidrogeoloških podataka, Upute za ispunjavanje listova, Verzija 5.0, Institut za geološka istraživanja, Zagreb;

# REŠAVANJE PROBLEMA VODOSNABDEVANJA NASELJA NA PODRUČJU OPŠTINE SRBAC -primer sela Gornji Srđevići-

Željko Kljajić<sup>1</sup>, Milojko Lazić<sup>12</sup>, Branimir Lazić<sup>13</sup>

## Abstrakt

Obzirom na generalno smanjenje raspoloživih količina kvalitetne vode za snabdevanje stanovništva i industrije, problem vodosnabdevanja je sve prisutniji i aktuelniji u većini opština u Republici Srpskoj. Veliki broj naselja, naročito seoskih, nema nikakav vid organizovanog vodosnabdevanja pa vodu koriste iz plitkih kopanih bunara ili sa obližnjih prirodnih izvora. Ovakve vode u najvećem broju slučajeva su sumnjivog kvaliteta i ne zadovoljavaju osnovne standarde kvaliteta vode za piće. Zato je neminovno u što kraćem vremenskom periodu preduzeti adekvatne mere radi delimičnog ili trajnog rešavanja problema vodosnabdevanja.

U teškoj situaciji nalazi i opština Srbac smeštena u severozapadnom delu Republike Srpske.

Cilj ovog rada je sagledavanje mogućnosti i davanje zaključaka i preporuka za budući pristup rešavanju problema vodosnabdevanja naselja koja pripadaju otvaranjem izvorišta i zahvatanjem podzemnih voda u samom naselju ili u njegovoj neposrednoj blizini.

**Ključne reči:** *vodosnabdevanje, opština Srbac, hidrogeologija, podzemne vode.*

## Uvod

Podzemne vode, kako malomineralizovane tako i mineralne, termalne i termomineralne vode, iako do sada nisu u dovoljnoj meri ispitane, predstavljaju izuzetan vodni potencijal na području Republike Srpske pa je tu ulogu u rešavanju vodosnabdevanja potrebno intenzivirati.

Opština Srbac, sa 39 naselja u kojima živi oko 23.000 stanovnika, se nalazi na ušću Vrbasa u Savu. Površina ove opštine iznosi 453 km<sup>2</sup>. Severna granica se poklapa u dužini od 42 km sa međunarodnom granicom između Republike Srpske i Republike Hrvatske. Brdovito-brežuljkasti oblici reljefa zauzimaju oko dve trećine srbačkog područja, dok preostali deo čine ravnice. Obradivo zemljište zauzima oko 60% teritorije a poljoprivrednom proizvodnjom se danas bavi oko 25% ukupnog stanovništva Opštine.

Postojeća vodovodna mreža ne zadovoljava potrebe stanovnika i industrije ove Opštine za vodom. Problem naročito dolazi do izražaja u letnjim mesecima pa bi jedan od prioriteta za razvoj ove opštine bilo i dugoročno rešavanje problema vodosnabdevanja.

---

<sup>12</sup> Željko Kljajić, dipl. inž., Prof. dr Milojko Lazić, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, Đušina 7, Beograd.

<sup>13</sup> Branimir Lazić, dipl. inž., "Hidrogeocentar", Save Kovačevića 63, Leštane.

## Karakteristike područja istraživanja

Na ovom području vlada umereno-kontinentalna klima, koja se odlikuje jasno izraženim godišnjim dobima sa umereno hladnim zimama i toplim, suvim letima. Prosečne srednje godišnje temperature u široj okolini područja istraživanja se kreću u granicama od 10-12 °C. Analiza temperaturnih vrednosti za duži vremenski period pokazuje da su najtopliji meseci jul i avgust sa prosečnim srednje mesečnim temperaturama koje se kreću u intervalu od 20-22 °C. Najhladniji meseci su decembar, januar i februar sa prosečnim srednje mesečnim temperaturama u intervalu od 0–2 °C. Okolne planine učinile su da se ravničarski deo opštine našao u kotlini, što ovde uslovljava i nešto specifičniju varijantu kontinentalne klime sa izraženim jesenima i prolećima bez jakih vetrova.

Srednje godišnje sume padavina iznose od 800–900 mm taloga. Najveće količine padavina se izluče tokom juna, na pojedinim delovima područja istraživanja do 125 mm taloga.

U hidrološkom pogledu ovo područje pripada slivu reke Save. Veći deo površinskih voda do Save otiče preko potoka. Manji deo površinskih voda, sa severoistočnih delova istražnog terena, odlazi direktno u Savu preko velikog broja malih, uglavnom povremenih vodotoka.

Nivo izdani na području istraživanja je vrlo blizu površine terena i izdani imaju hidrauličku vezu sa površinskim vodotocima, pa pre svega u hidrološkom minimumu, pored površinskih voda, pomenutim vodotocima vrši oticaj i podzemnih voda sa pomenutog terena.

Obzirom na hidrogeološke karakteristike proučavanog terena, može se konstatovati da temperaturni režim nema veći uticaj na režim podzemnih voda. Jedino vidljiv uticaj je kod delova terena gde se vrši prihranjivanje vodonosnih horizonata i gde može da se primeti uticaj temperature vazduha na, pre svega, količinu vode koja ponire i prihranjuje izdani. Za tačno određivanje u kojoj meri temperatura utiče na prihranjivanje izdani potrebno je sprovesti namenska merenja i praćenja u višegodišnjem periodu, što na ovom području do sada nije bio slučaj.

U hidrogeološkom pogledu, na istražnom terenu je izdvojeno više tipova izdani:

- zbijeni tip izdani veće izdašnosti u okviru terasnih, aluvijalnih i povodanjskih naslaga;

Formiran je u okviru terasnih, aluvijalnih i povodanjskih naslaga čije je rasprostranjenje vezano je za doline Povelicha, Prosječke reke, Savine reke, Vrijeske i Lepenice.

Prihranjivanje izdani u okviru pomenutih naslaga vrši se uglavnom na račun atmosferskih taloga i voda iz površinskih tokova. Dreniranje se vrši u površinske tokove za vreme manjeg vodostaja, isparavanjem sa površine izdani, kao i preko manjeg broja kopanih bunara.

- zbijeni tip izdani manje izdašnosti u okviru peskova donje sarmatske i donje pliocenske starosti;

Ova izdan je formirana u okviru peskova donje-sarmatske starosti, kao i peskovito - šljunkovitim naslaga donje-pliocenske starosti. Za razliku od donje-sarmatskih, pliocenski sedimenti imaju veliko rasprostranjenje na istražnom terenu, tako da je i izdan formirana u okviru istih veoma interesantna za rešenje problema vodosanbdevanja, naročito na lokalnom nivou.

Prihranjivanje ove izdani uglavnom se vrši na račun poniranja atmosferskih taloga, a manjim delom iz povremnih površinskih tokova. Dreniranje se vrši preko plitkih kopanih bunara u selima opštine Srbac, a delom i podzemnim oticanjem u karstnu izdan u okviru sarmatskih krečnjaka.

- karstni tip izdani u okviru sarmatskih krečnjaka;

Formiran je u okviru krečnjaka sarmatske starosti. Ovi sedimenti imaju relativno malo rasprostranjenje na površini terena, ali je pomenutim geoelektričnim ispitivanjima u zoni potoka Vrijeska (slika 1) dokazano njihovo veliko rasprostranjenje u profilu (slika 2), ispod pliocenskih naslaga. Prihranjivanje ove izdani se vrši na račun atmosferskih taloga na mestima gde krečnjaci izlaze na površinu.

Povoljnu okolnost, sa gledišta zaštite podzemnih voda karstne izdani, predstavlja to što je na mestima izlaska krečnjaka na površinu terena, veoma mala naseljenost, već su to uglavnom tereni pod šumom, tako da je veoma mali broj potencijalnih zagađivača u zoni prihranjivanja izdani.

Na osnovu svega iznetog može se konstatovati da se karstna izdan u okviru sarmatskih krečnjaka odlikuje izuzetno povoljnim uslovima za zahvatanje većih količina veoma kvalitetnih podzemnih voda koje bi se koristile za vodosnabdevanje naselja na južnim i jugoistočnim delovima opštine Srbac.

- uslovno bezvodni delovi terena u okviru deluvijalno - proluvijalnih, soliflukcionih i neogenih naslaga i u okviru krednog fliša.

U uslovno bezvodne delove terena svrstane su deluvijalno - proluvijalne, soliflukcione, meotske, helvet - burdigalske naslage i kredni fliš.

Deluvijalno - proluvijalne i soliflukcione naslage u litološkom pogledu su izgrađeni uglavnom od glinovito - muljevite komponente što uslovljava njihove veoma slabe filtracione karakteristike, tako da u okviru ovih naslaga ne postoji mogućnost akumuliranja većih količina podzemnih voda.

Naslage burdigal - helveta i gornje - krednog fliša imaju ulogu bočne hidrogeloške barijere pomenutim izdanima.

### **Cilj rada**

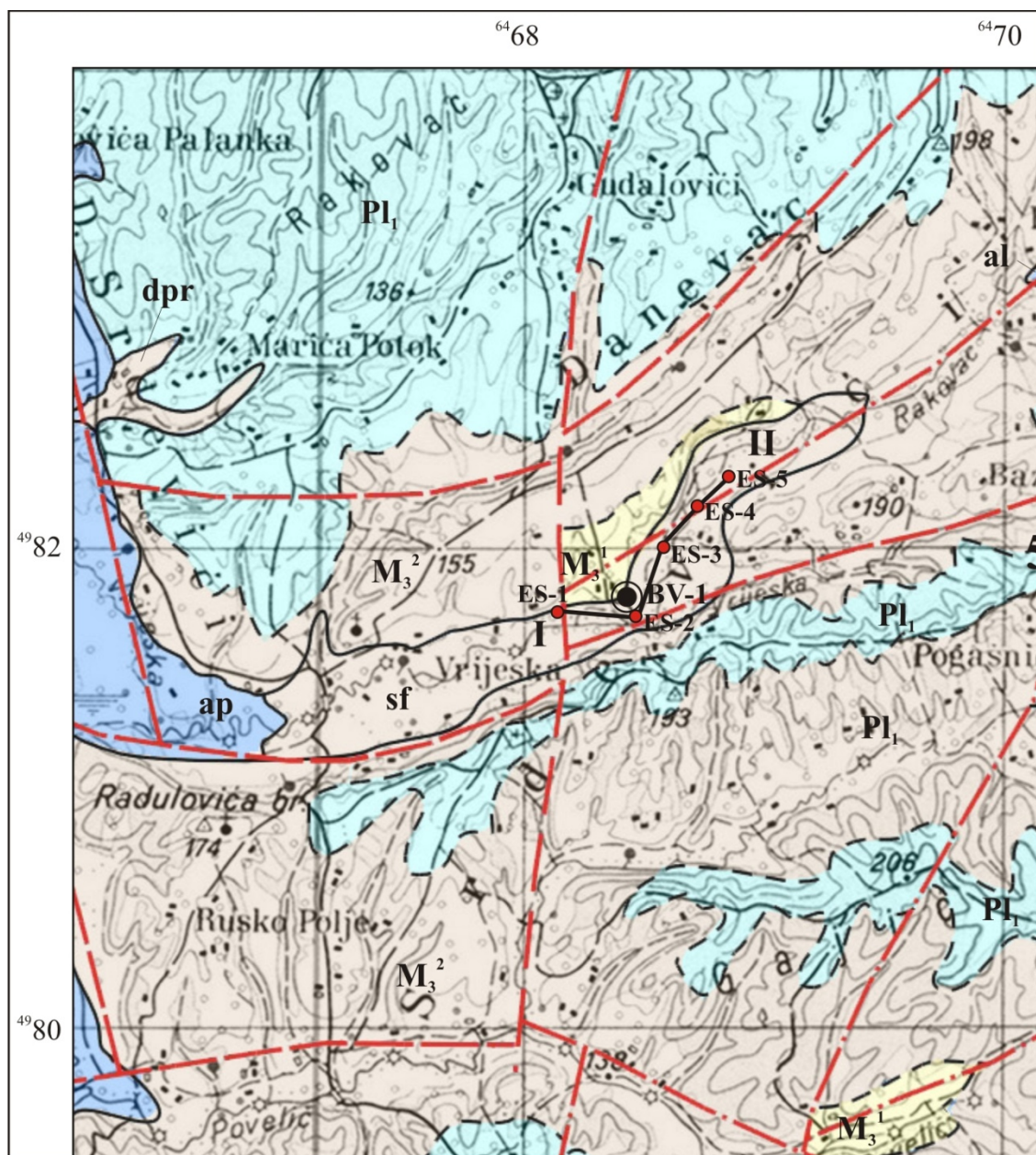
Osnovni cilj rada je sagledavanje uslova i mogućnosti otvaranja izvorišta i zahvatanje podzemnih voda za vodosnabdevanje na području opštine Srbac. Shodno tome u radu su prikazana istraživanja sprovedena tokom 2003. godine na lokalitetu Gornji Srđevići radi utvrđivanja uslova i mogućnosti za rešavanje problema vodosnabdevanja naselja u istočnom i jugoistočnom delu opštine Srbac na bazi zahvatanja podzemnih voda iz sarmatskih krečnjaka.

### **Metode**

Postizanje navedenog cilja praćeno je određenim geološkim i hidrogeološkim istraživanjima. Konceptija hidrogeoloških istraživanja je obuhvatila sledeće aktivnosti: –Analiza postojećih podataka o klimatskim, hidrografskim, hidrološkim, geološkim i hidrogeološkim karakteristikama terena u bližoj i široj područja istraživanja; –Detaljno hidrogeološko kartiranje terena sa ciljem evidentiranja svih prirodnih pojava i veštačkih vodnih objekata; –Goelektrična ispitivanja, izvedena da bi se pre istražnog bušenja odredio prostorni raspored i dubinsko zaleganje litoloških članova tj. potencijalnih kolektora podzemnih voda. u tu svrhu je primenjen Šlumbergerov simetrični raspored sondiranja (A-MN-B) sa 5 elektroda sa  $AB/2 = 250$  m, čime je postignut dubinski zahvat od oko 100-150 m.

Bušenje je izvedeno kombinovanom (udarno-rotacionom) metodom. Do dubine od 18 m bušeno je prečnikom  $\phi$  200mm i ugrađena je uvodna kolona prečnika  $\phi$  193 mm, a zatim je do 100 m bušeno prečnikom  $\phi$  168 mm.

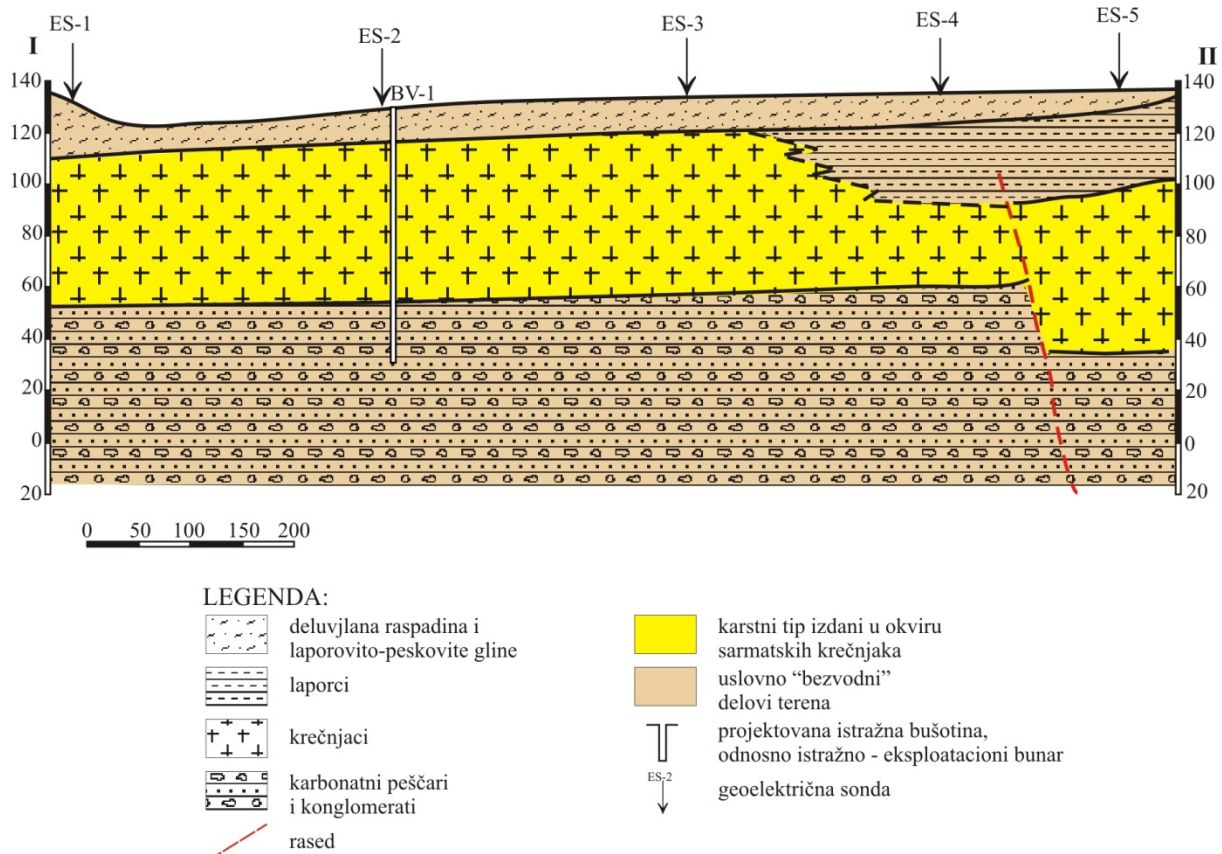
Na osnovu analize detaljno prikupljenih podataka i hidrogeoloških istraživanja utvrđena je perspektivna lokacija "Gornji Srđevići", na kojoj će se vršiti dalja istraživanja, odnosno istražno bušenje.



### LEGENDA

<p><b>al</b> aluvijum (facija korita)</p> <p><b>ap</b> facija povodnja</p> <p><b>sf</b> soliflukcija</p> <p><b>dpr</b> deluvijalno - proluvijalni sedimenti</p> <p><b>Pl<sub>1</sub></b> raznobojni peskovi i gline, rožnački šljunkovi</p> <p><b>M<sub>3</sub><sup>2</sup></b> glinoviti i peskoviti lapori, laporovito-peskovite gline</p> <p><b>M<sub>3</sub><sup>1</sup></b> oolitični krečnjaci, karbonatni peščari, laporovito-peskovite gline, laporci i konglomerati</p> <p>— normalna geološka granica: utvrđena</p> <p>- - - normalna geološka granica: pokrivena</p>	<p>- - - - - tektonsko-eroziona granica</p> <p>/// rased: pokriven i osmatran fotogeološki,</p> <p>■ zbijeni tip izdani veće izdašnosti u okviru kvartarnih naslaga</p> <p>■ zbijeni tip izdani manje izdašnosti u okviru pliocenskih i miocenskih peskova</p> <p>■ karstni tip izdani u okviru sarmatskih krečnjaka</p> <p>■ uslovno "bezvodni" delovi terena</p> <p>● projektovana istražna bušotina, odnosno istražno - eksploatacioni bunar</p> <p>I — II trasa hidrogeološkog profila</p> <p>ES-5 ● geoelektrična sonda</p>
---	--

**Slika 1. Hidrogeološka karta područja istraživanja**



**Slika 2. Prognozni hidrogeološki profil I-II na lokaciji potok Vrijeska**

### Rezultati istraživanja

U cilju pronalazjenja mogućnosti za rešenje vodosnabdevanja naselja u istočnom i jugoistočnom delu opštine Srbac, 2003. godine su započeta istraživanja u selju Gornji Srđevići za koja su dobru polaznu osnovu dali rezultati istraživanja u susednoj opštini Prnjavor. Ideja je bila zahvatanje podzemnih voda iz sarmatskih krečnjaka.

Kao prvi korak izvedena su geofizička ispitivanja, odnosno geoelektrično sondiranje u dolini potoka Vrijeska u Gornjim Srđevićima (slika 3). Primenjen je Šlumbergerov simetrični raspored sondiranja (A-MN-B) sa 5 elektroda sa  $AB/2 = 250$  m, čime je postignut dubinski zahvat od oko 100-150 m. Analiza dobijenih rezultata je pokazala da krečnjaci zaležu od 5-10 m pa do oko 100 m dubine. Povlatu ovim slojevima čine uglavnom peskovite-laporovite gline, odnosno deluvijalna raspadina, dok je podina izgrađena od laporovitih krečnjaka, peščara i laporaca.

Krajem maja 2004. godine na desnoj dolinkoj strani potoka Vrijeska, na 300 m nizvodno od ušća Rakovca u Vrijesku, je izbušena istražna bušotina dubine 102 m.

Za bušenje je primenjivan kombinovani (udarno-rotacioni) metod. Do dubine od 18 m bušeno je prečnikom  $\phi$  200 m i ugrađena je uvodna kolona prečnika  $\phi$  193 mm, a zatim je do 102 m bušeno prečnikom  $\phi$  168 mm. Uporedo sa bušenjem su vršena osmatranja i praćenja svih pojava koje su značajne za kasniju izradu istražno-eksploatacionog bunara (količina i vrsta iznošenog materijala, napredak bušenja i propadanje pribora, kao i zone najvećeg priliva vode).

Pomenuta metoda koja je sprovedena prilikom bušenja je prilično olakšala ta osmatranja. Na osnovu pomenutih praćenja, na kraju bušenja sastavljen je sledeći litološki profil, pri čemu je konstatovano da se krečnjaci različitog stepena karstifikacije, sa proslojcima laporovitih krečnjaka, pojavljuju od 10 m dubine i zaležu celim profilom do krajnje dubine bušenja (102 m). Tokom bušenja su registrovane zone sa najvećim prilivom vode i one se poklapaju sa zonama najveće karstifikovanosti sarmatskih krečnjaka, a to su: od 18-27 m, 29-35 m, 42-48 m, 54 – 60 m i od 68-74 m dubine. Po završetku istražne bušotine konstatovano je da postoji samoizliv, koji je u tom trenutku iznudio oko 0.2 – 0.3 l/s.

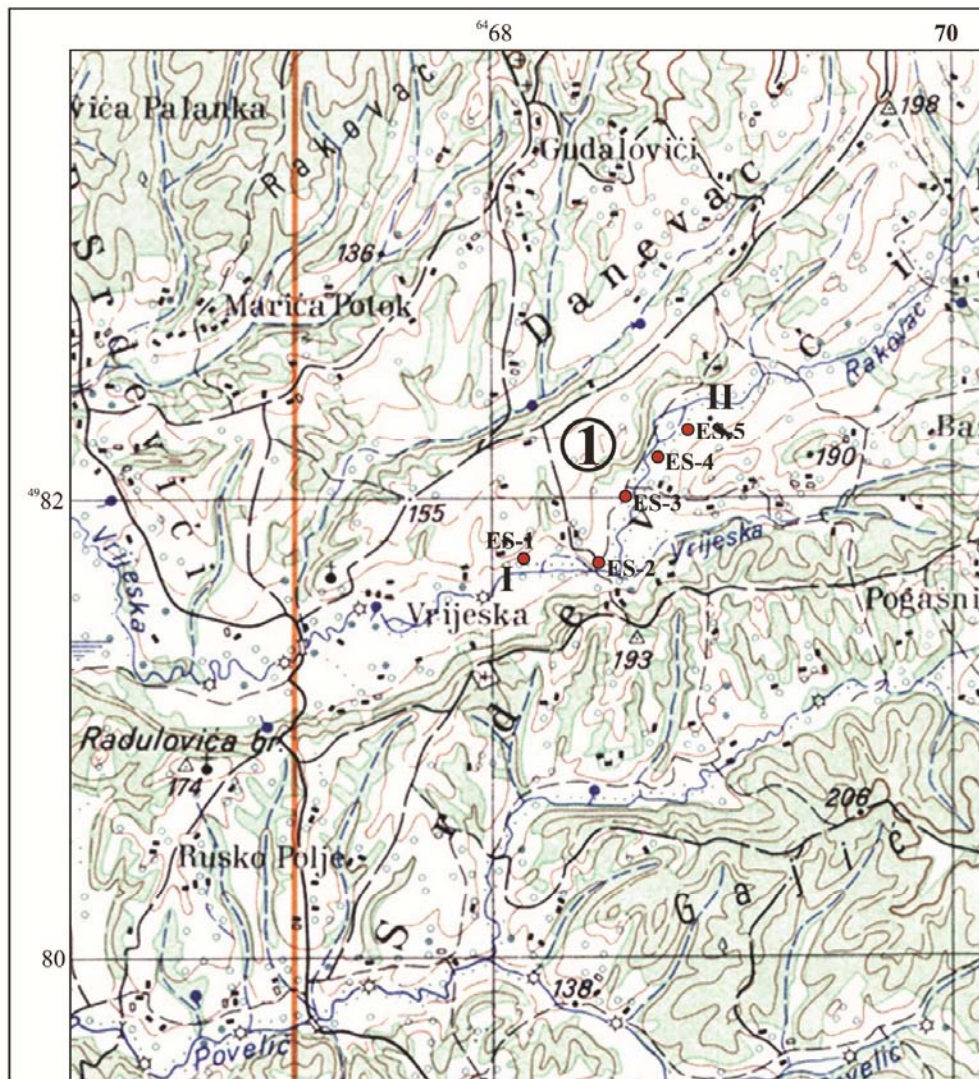
Izrada istražne bušotine je pokazala pozitivne rezultate pa je urađeno njeno proširenje i ugradnja bunarske konstrukcije pri čemu je bušotina proširena prečnikom  $\phi$  500 mm od površine terena do 10 m dubine, i ugrađena je čelična uvodna kolona prečnika  $\phi$  406 mm. Od 10-80 m bušotina je proširena najpre na  $\phi$  254 mm, a zatim proširivačem na  $\phi$  400 mm. Kada je proširena bušotina izvršena je ugradnja PVC bunarske konstrukcije prečnika  $\phi$  225/215 mm, sa vodoprijemnim delom u intervalima od 30-48 m, odnosno 54-75 m dubine. Nakon završetka radova na izradi bunara BV-1 (slika 4) izveden je opit crpenja sa dva sniženja pri čemu je za 22,5 l/s ostvareno sniženje od 9,88 m. Na osnovu rezultata testiranja određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine:

- koeficijent vodoprovodnosti -  **$T = 1.87 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$**
- koeficijent filtracije -  **$k = 4.93 \times 10^{-4} \text{ m/s}$**

Na kraju testa crpenja izvršeno je uzorkovanje i izrada kompletne hemijske analize vode sa bunara BV-1. Konstatovano je da je voda sa ovog lokaliteta veoma sličnog sastava kao vode sa lokaliteta Povelich. Vode sa ovog izvorišta su prozirne, bez boje, sa pH vrednošću od 8.09, temperature 14.3 °C i suvim ostatkom (na 105 °C) od 225 mg/l. U hemijskom pogledu dominiraju joni hidrokarbonata (256 mg/l) i kalcijuma (63.6 mg/l), dok ostale komponente makro sastava nemaju značajnije učešće. U mikro-sastavu koncentracije većine elemenata su ispod granice detekcije, odnosno voda ih ne sadrži. Drugim rečima, ove vode su zadovoljavajućeg kvaliteta.

### **Zaključak**

Istraživanja podzemnih voda karstne izdani u okviru sarmatskih krečnjaka na planini Motajici, su pokazala da ova izdan poseduje izuzetan potencijal za vodosnabdevanje stanovništva opštine Srbac. Otvoreno je izvorište na lokalitetu Gornji Srđević iz koga se može kvalitetnom vodom za piće snabdevati čitava opština Srbac. Mogućnosti iskorišćavanja podzemnih voda ove karstne izdani su daleko veća pa istraživanja u budućem periodu treba usmeriti u tom pravcu. Treba napomenuti i mogućnost flaširanja tih voda kao slabomineralizovanih voda.



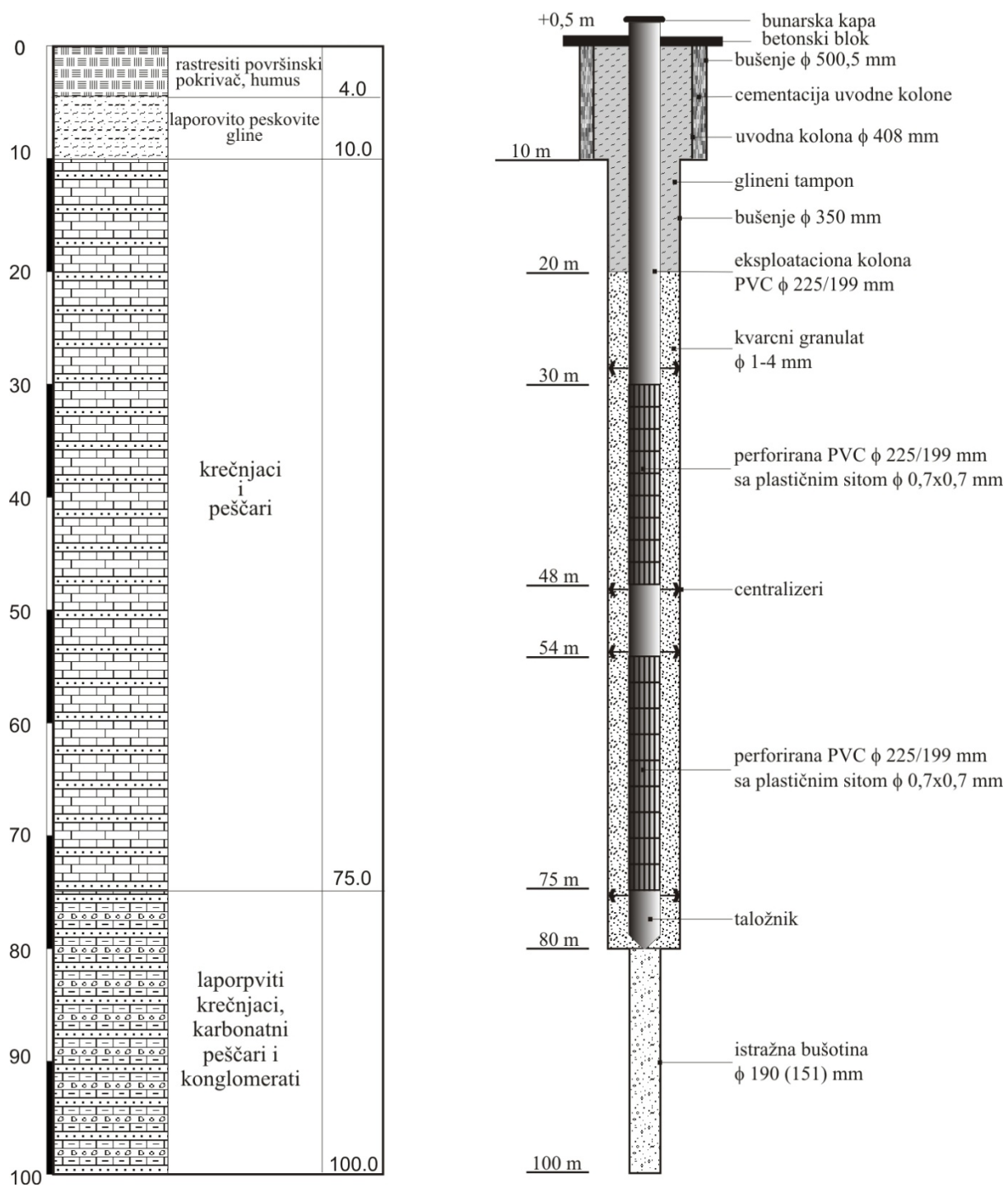
LEGENDA:

- položaj geoelektričnih sondi
- ① oznaka profila

**Slika 3.** Mikrolokacije izvedenog sondiranja sa položajem geoelektričnih sondi na lokaciji potok Vrijesak



GRAFIČKI PRIKAZ	LITOLOŠKI OPIS	DUB. (m)	PODACI O TEHNIČKIM KARAKTERISTIKAMA BUNARA
-----------------	----------------	----------	--



**Slika 4. Litološki profil i konstrukcija istražno-eksploatacionog bunara BV-1 na lokaciji Vrijesak**

## Literatura

1. Lazić M., Nikolić J., 2000:Projekat hidrogeloških istraživanja terena u selu Gornja Ilova (lokalitet Povelich) za potrebe otvaranja izvorišta za vodosnabdevanje naselja u SO Prnjavor – Republika Srpska, Fond RGF, Beograd
2. Lazić M., 2001: Izveštaj o rezultatima izrade istražnih bušotina IBP-1 i IBP-2 na lokalitetu Povelich-Gornja Ilova, Opština Prnjavor u Republici Srpskoj, Fond RGF, Beograd
3. Sofilj J., 1984: OGK 1 : 100 000 list Derventa, SGZ, Beograd
4. Sofilj J., 1984: Tumač OGK 1 : 100 000 list Derventa, SGZ, Beograd
5. Šparica M., 1980: OGK 1 : 100 000 list Nova Kapela, SGZ, Beograd
6. Šparica M., 1980: Tumač za OGK 1 : 100 000 list Nova Kapela, SGZ, Beograd

# KORIŠTENJE HRVATSKIH GEOTERMALNIH VODA U 2008. GODINI

## EXPLOITATION OF CROATIAN GEOTHERMAL WATERS IN 2008.

**Miron Kovačić**

Hrvatski geološki Institut , Sachsova 2, Zagreb, Hrvatska, e-mail: miron\_kovacic@yahoo.com

**Ključne riječi:** geotermalne vode, eksploatacija, korištenje, Hrvatska

**Key words:** geothermal waters, exploitation, utilization, Croatia

### Sažetak

U okviru djelatnosti Hrvatskog geološkog instituta prikupljaju se podaci o geotermalnim vodama i njihovom korištenju te izvode istraživački projekti za njihovo pronalaženje, korištenje i zaštitu. Na temelju tih aktivnosti u radu se ukratko prezentira pregled sadašnjeg korištenja geotermalnih voda u području Hrvatske. Svi korišteni geotermalni izvori u Hrvatskoj prema najčešće korištenoj geotermijskoj klasifikaciji pripadaju niskoentalpijskim resursima. Geotermalne vode s izvorišta i/ili kaptaza, zdenaca i bušotina do dubine od stotinjak metara sada se u Hrvatskoj koriste na 16 lokacija, a na 9 lokacija koriste se vode otkrivene dubokim bušotinama (400 – 1800 m). Načini na koji se termalna voda koristi vrlo su različiti na pojedinim lokacijama i ovise o njevoj temperaturi i potrebama. Geotermalna voda koristi se na sljedeće načine: za zagrijavanje vode (pomoću izmjenjivači topline) i prostorija, u bazenima za kupanje i u balneoterapiji, za uzgoj bilja i riba, kao sanitarna voda, voda za piće (vodovod), stolna voda (punjenje boca) i mineralna voda. Na većini lokacija termalna voda koristi se istovremeno na više načina. Prema nekim proračunima tijekom 2004. godine iz geotermalne vode se iskoristilo oko 680 TJ toplinske energije. Obzirom na veći broj poznatih lokacija na kojima su nabušeni ili probušeni geotermalni vodonosnici koji se ne eksploatiraju, može se pretpostaviti da će se u budućnosti količine korištene geotermalne vode u Hrvatskoj povećati.

### 1. Uvod

Od osnutka Hrvatskog geološkog instituta prije 100 sto godina, u okviru njegovih djelatnost prikupljaju se podaci o geotermalnim resursima i njihovom korištenju. Osim toga Institut je tijekom svog dugogodišnjeg postojanja izvodio mnoge istraživačke projekte za pronalaženje, korištenje i zaštitu geotermalnih voda. Na temelju tih aktivnosti ukratko se prezentira pregled aktualnog korištenja geotermalne vode u području Hrvatske. Prema geotermijskoj klasifikaciji [1] geotermalnim smatramo vode čija je prosječna godišnja temperatura veća od prosječne godišnje temperature zraka područja na kojem se nalaze. U energetsom smislu uvjetno rečeno one su obnovljiv izvor energije. Sve vode koje se koriste u Hrvatskoj imaju temperaturu nižu od 90 °C te prema klasifikaciji Mufflera i Cataldija [2] pripadaju niskoentalpijskim resursima.



Sl. 1. Terme Tuhelj u Tuheljskim Toplicama – vanjski bazeni izgrađeni tijekom 2005. godine (foto: M. Kovačić, 2005).

## 2. Pregled korištenja geotermalnih voda u Republici Hrvatskoj početkom 2008. godine

Na ozemlju Republike Hrvatske geotermalne vode ljudi su vrlo vjerojatno koristili od početka svog obitavanja na ovim prostorima. Materijalnih dokaza o njenom korištenju ima od razdoblja neolitika do danas [3]. Tijekom povijesti stupanj i način korištenja tog prirodnog resursa se mijenjao kako zbog pronalaska novih kapaciteta tako i zbog promjena potreba korisnika i tehnologije korištenja. U ovom radu je na temelju ažuriranih ranije objavljenih podataka [4] iznesen kratak pregled korištenja geotermalnih voda iz prirodnih izvora i bušotina početkom 2008. godine.

Osnovni podaci o izvorima i bušotinama iz kojih se geotermalna voda koristi na organizirani način izneseni su u tablicama. Osim lokacije u tablicama je dana geotermijska klasifikacija (prema: Kovačić M. & R. Perica, 1988 [1]), temperatura vode na izvorištu ili na ušću bušotine, stratigrafska starost i vrsta stijene vodonosnika te način odnosno načini korištenja vode na lokaciji. U tablici 1. su podaci o lokacijama na kojima se geotermalne vode koriste s izvorišta i/ili kaptaza, zdenaca i bušotina do dubine od stotinjak metara.

Tablica 1. Korištenje geotermalnih voda iz izvora

	Lokacija	Geoterm. klasifikacija	Temp. °C	Vodonosnik	Način korištenja
1	Daruvar - Daruvarske toplice	hiperterma	47	trijas - dolomiti	bazeni za kupanje, balneoterapija
2	Donja Stubica – Terme Jezerčica	homeoterma	38	trijas - dolomiti ?	bazeni za kupanje, balneoterapija sanitarna voda
3	Gotalovac - Topličica	hipoterma	26	trijas - dolomiti ?	stolna voda (punjenje boca)
4	Krapinske toplice – Aquae Vivae	hiperterma	40	trijas - dolomiti	bazeni za kupanje, balneoterapija zagrijavanje prostorija, sanitarna voda
5	Lipik	hiperterma	58	trijas - dolomiti ?	bazeni za kupanje, balneoterapija, sanitarna voda, mineralna voda
6	Mađarevo - Topličica	hipoterma	21,5	trijas - dolomiti	bazeni za kupanje, uzgoj riba
7	Stubičke toplice	hiperterma	57-59	trijas - dolomiti	bazeni za kupanje, balneoterapija zagrijavanje vode i prostorija, sanitarna voda, uzgoj bilja
8	Sutinske toplice	homeoterma	36	trijas - dolomiti	bazeni za kupanje
9	Sveti Stjepan - Istarske toplice	hipoterma	31,1	kreda i eocen - vapnenci	bazeni za kupanje, balneoterapija
10	Toplice Lešće	hipoterma	33,4	jura - vapnenci i dolomiti	bazeni za kupanje
11	Toplice kod Svete Jane	hipoterma	25	trijas - dolomiti ?	bazeni za kupanje
12	Zagreb - Borčec	subterma	17	trijas - dolomiti ?	uzgoj riba
13	Topusko	hiperterma	64-65	trijas - dolomiti	bazeni za kupanje, balneoterapija zagrijavanje vode i prostorija
14	Tuheljske Toplice – Terme Tuhelj	hipoterma	33	sr.miocen.- vap.i breče	bazeni za kupanje
15	Varaždinske toplice	hiperterma	58	trijas - dolomiti	bazeni za kupanje, balneoterapija zagrijavanje vode i prostorija
16	Velika	hipoterma	29	trijas - dolomiti	bazeni za kupanje

U tablici 2. prikazani su podaci o lokacijama na kojima se koriste geotermalne vode otkrivene dubokim bušotinama (400 – 1800 m). Na lokacijama Bizovac, Zagreb - Sportski centar Mladost i Zagreb – bolnica u izgradnji u svrhu korištenja geotermalne vode izrađeno je više bušotina, a na ostalim lokacijama po jedna bušotina. Bušotina u Toplicama Sveti Martin u Međimurju koristi se najduže. Ona je izbušena 1914. godine i od tada se sporadično koristila. Prije nekoliko godina na njenoj lokaciji je podignut rekreacijski centar s različitim sadržajima i sa smještajnim kapacitetima. Najkraće se koristi bušotina u Svetoj Nedjelji kraj Zagreba. Ona je izbušena 1986., a tek prije pet godina geotermalna voda iz nje počela se koristiti za zagrijavanje plastenika za uzgoj bilja.

Tablica 2. Korištenje geotermalnih voda iz dubokih bušotina

	Lokacija	Geoterm. klasifikacija	Temp. °C	Vodonosnik	Način korištenja
1	Bizovac	hiperterma	86 - 97	sr. miocen - andezit pliocen - pješčenjaci	bazeni za kupanje, balneoterapija zagrijavanje vode i prostorija
2	Ivanić Grad - Naftalan	hiperterma	62,0	g. miocen - pješčenjaci	balneoterapija
3	Križevci - Vratno	hipoterma	23	trijas? - dol. breče	voda za piće (vodovod)
4	Sveti Martin(Vučkovec)	homeoterma	34	d.i sr. miocen pjesk.lapor	bazeni za kupanje
5	Sveta Nedjelja (Zagreb)	hiperterma	65	d. i sr. miocen trijas - breče, dol.	uzgoj bilja
6	Toplice kod Svete Jane	hipoterma	25	trijas - dolomiti	stolna voda (punjenje boca)
7	Zagreb - Lučko	hiperterma	55	sr. miocen - litavci	zagrijavanje vode i prostorija
8	Zagreb - Mladost SC	hiperterma	70 -80	d. i s. miocen - litotam.vap i trijas - dolomiti	bazeni za kupanje, zagrijavanje vode i prostorija
9	Zagreb - bolnica u izgradnji	hiperterma	82	trijas - dolomiti	zagrijavanje vode i prostorija



Sl. 2. Plastenici za uzgoj povrća grijani vodom iz bušotine Sveta Nedjelja-1 (nedaleko Zagreba) (foto: M. Kovačić, 2005).

### 3. Sadašnje i buduće korištenja geotermalnih voda u Republici Hrvatskoj

Točan broj lokaliteta na kojima u Hrvatskoj izvire ili je bušenjem dobivena geotermalna voda nije poznat. Prema nekim istraživanjima [5] geotermalne vode s temperaturom višom od 20 °C poznate su na 26 izvora i više od 50 dubokih bušotina u Hrvatskoj. Iz podataka iznesenih u prethodnom poglavlju vidljivo je da se geotermalne vode koriste na samo 25 lokacija, što bi prema spomenutim istraživanjima bilo na oko 33 % poznatih lokacija. Postotak iskorištavanja na svim lokalitetima s termalnom vodom u Hrvatskoj je u stvari mnogo manji. Naime, broj bušotina kojima su nabušeni geotermalni vodonosnici znatno je veći od gore navedenog, a vjerojatno ima i još nekoliko izvora geotermalne vode koji do sada nisu registrirani. Količina toplinske energije koja se sada dobiva iz geotermalne vode nije poznata, a po proračunu iz 2005. u 2004. godini se iskoristilo oko 680 TJ [6].

Prema analizi podataka o geotermalnim vodama u Hrvatskoj [7] one bi se s obzirom na temperaturu i kemizam mogle koristiti na mnogo različitih načina: za proizvodnju električne energije, zagrijavanje prostorija, rekreaciju, terapiju, uzgoj bilja i riba, u nekim industrijskim procesima i kao mineralna ili stolna voda za piće. Danas se u Hrvatskoj geotermalne vode uglavnom koriste na tehnološki manje zahtjevne tradicionalne načine, a neki tehnološki zahtjevniji načini njenog korištenja (proizvodnja električne energije i neki industrijski procesi) do sada još nisu iskušani. Zbog porasta potražnje za energijom i na temelju do sada poznatih i pretpostavljenih potencijala u budućnosti se može očekivati značajan porast korištenja geotermalnih voda u Hrvatskoj.

#### Literatura:

- [1] Kovačić, M. & Perica, R. (1998): Stupanj korištenja geotermalnih voda u Republici Hrvatskoj. "Hrvatske vode", 25, str. 355-361, Zagreb.
- [2] Muffler P., Cataldi R., 1978: Methods for regional assessment of geothermal resources, *Geothermics*, 7, 53-89.
- [3] Schejbal, B. (2003): Nova razmatranja o *Aquae Balissae* i narodu Jaza: Pejzaž - Vode - Etimologija - Mitologija - Kultovi, pitanje atribucije i kontinuiteta.- *Opuscula Archaeologica* 23, 393-416, Zagreb
- [4] Kovačić, Miron (2005): Osvrt na trenutno korištenje geotermalnih voda u Hrvatskoj // 3. *Hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka* / Velić, Ivo ; Vlahović, Igor ; Biondić, Ranko (ur.), 199-200, Zagreb
- [5] Kovačić, M. (2001): Temeljne geotermijske značajke Hrvatske i korištenje geotermalnih voda u Hrvatskoj tijekom 2000. godine.- *Hrvatske vode*, 9, br. 25,145-150, Zagreb.
- [6] Jelić, Krešimir; Kovačić, Miron; Koščak-Kolin, Sonja (2005): State of the Art of the Geothermal Resources in Croatia in the Year 2004, 1-9 // *Proceedings of the World Geothermal Congress 2005*. Antalya, Turska
- [7] Kovačić, M., & Jelić, K. (1999): Mogućnosti korištenja geotermalnih voda u Republici Hrvatskoj. Zbornik radova, 2. hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode od Jadrana do Dunava, str. 883-886, Dubrovnik.

# GEOTERMALNE VODE U FUNKCIJI ZAGRIJAVANJA

Adna Čamdžić,dipl.ing.geoteh.  
Mr.sc.Toni Nikolić,dipl.ing.geol.  
Alisa Babajić,dipl.ing.geol.

**Ključne riječi:** geotermalna energija, eksploatacija, bušenje, izmjenjivači toplote, sistem grijanja.

## REZIME

U posljednje vrijeme sve je češće korištenje geotermalne energije, prije svega kao čiste energije, a s druge strane i kao energije koja je obnovljiva. U svijetu već postoji jako veliki broj geotermalnih elektrana za proizvodnju električne energije, ali i geotermalnih bušotina koje se koriste za zagrijavanje gradova, plastenika, sušenje voća, i u druge svrhe. Pojava ovoga vida energije vezana je za geo-seizmički aktivna područja, mjesta kontakta dvije tektonske ploče. Značajni resursi geotermalne energije postoje i u našoj zemlji, sa temperaturama preko 80°C. Ovi resursi su malo ili nikako iskorišteni. Njihovom istraživanju i aktiviranju bi se trebala posvetiti veća pažnja, naročito ako se zna da će svaka zemlja koja želi pristupiti EU morati do 2020 godine imati 20% energije proizvedene iz obnovljivih resursa. Na primjeru nekoliko već realizovanih projekata u Svijetu (zagrijavanje geotermalnom energijom u razne svrhe) date su smjernice kako iskoristiti postojeće resurse (ekonomski aspekt) i ujedno doprinijeti očuvanju životne sredine.

## THE GEOTHERMAL WATER IN FUNCTION OF HEATING

**Key words:** geothermal energy, exploitation, drilling, heating changer, heating system.

## ABSTRACT

In last time is very popular to exploited geothermal energy, the first like clean energy, and from other side like energy which have rechargeable sources. Over the world, already exist huge number power geothermal plant for electricity produce, but in the same time a lot of geothermal wells which is use for heating: town, greenhouse, dry fruits, and for other things. The phenomenon of this type energy is connect to geo-seismic active zone, areas which have contact two tectonic plates. The appreciable resources of geothermal energy we have too in our country, with a temperature over 80°C. This resources is less or not at all used. That should be pay attention to theirs research and activation, special if we know, how any country which should pretend to become part of EU must to the 2020. year had 20% energy produced from renewable energy sources. For example of several project in World which has realized (heating with geothermal energy in deferent purpose), is given direction how to use really resources (economic aspect) and in the same time to contribute saving life's environment.



## UVOD

Geotermalna energija je toplota iz Zemlje ili toplota Zemlje koji može biti obnovljena i ekonomski isplativo eksploatisana. Kao dokaze o unutrašnjoj toploti Zemlje mogu se navesti vulkani, gejziri i druge termalne manifestacije. Temperaturni gradijent, porast temperature po kilometru dubine i iznosi oko 30 K/km, ali on postaje sve manji što je udaljenost od površine Zemlje veća. Ukupni toplotni fluks Zemljine unutrašnjosti iznosi cca 80 mWth/m<sup>2</sup>. To nama pruža održivi, ne zagađujući, skoro beskonačni izvor čiste i obnovljive energije. Međutim samo dio te energije čovjek može da iskoristi, jer upotreba ovog vida energije ograničena je samo na područja u kojima geološki uslovi dozvoljavaju fluidu (tečnoj vodi ili pari) da se prenese toplota iz dubljih zona na ili u blizinu površine Zemlje. Nastanak toplote vodi porijeklo iz Zemljine jezgre (temperature i do 4000°C na 6000 km dubine) i raspadanjem radioaktivnih elemenata kao što su uranijum, torijum, kalijum i dr. U geoseizmički aktivnim područjima koja se nalaze na ivicama geotektonskih ploča nalaze se najvažniji geotermalni izvori koji se prikazuju u širokom temperaturnom rangu od 150 °C do 400 °C.

### Geotermalni izvori i načini korištenja geotermalne energije

Najčešći kriterij za klasifikaciju geotermalnih izvora bazira se na entalpiji geotermalnih fluida koji djeluju kao nosioci toplote iz dubljih dijelova Zemljine kore toplih stijena na površinu. Entalpija, koja se može smatrati kao manje ili više proporcionalna temperaturi, korištena je da bi se izrazila toplota termalne energije odnosno sadržaj fluida, da bi nam se dala gruba procjena o vrijednosti. Rezerve su podijeljene na slabe, srednje i visoke entalpije (ili temperature), prema kriteriju koji je baziran na energetskom sadržaju fluida i njihovom potencijalnom načinu korištenja.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Rezerve slabe entalpije	< 90	<125	< 100	≤ 150	≤ 190
Rezerve srednje entalpije	90 - 150	125 - 225	100 – 200	-	-
Rezerve visoke entalpije	> 150	> 225	> 200	> 150	> 190

Tabela 1. Klasifikacija geotermalnih rezervi (°C)

Prema : (a) Muffler and Cataldi (1978), (b) Hochstein (1990), (c) Benderitter and Cormy (1990), (d) Nicholson (1993), (e) Axelsson and Gunnlaugsson (2000)

Danas se geotermalna energija koristi u više od 50 zemalja širom svijeta u različite svrhe: za proizvodnju električne energije, za potrebe grijanja stanova, za potrebe industrije i poljoprivrede kao i u lječilišne svrhe. Geotermalna energija je oduvijek korištena u u svrhe liječenja a prvi način njenog iskorištenja za proizvodnju električne energije zabilježen je u Italiji Larderele 1913. godine kada je puštena u pogon elektrana snage 250 kW, a 1930. godine na Islandu je izgrađen je prvi centralni toplinski sistem za zagrijavanje oko 70 stanova.

Mogućnost korištenja geotermalne energije u ovisnosti je o radnoj temperaturi geotermalnog fluida. Osnovna podjela bazirana je na izravnom korištenju toplinske energije, te na pretvorbi toplinske u električnu energiju.

Toplinska energija geotermalnog ležišta sadržana u geotermalnom fluidu kod nekog pritiska i temperature, koristi se izravno za zagrijavanje ili za pretvorbu u električnu energiju. Ovisno o temperaturi vode (ili vodene pare) u podzemlju razvijeno je nekoliko različitih tehnologija eksploatacije toplinske energije.

Da bi se geotermalna energija iskoristila, razvijene su mnoge tehnologije, ali možemo izdvojiti dva osnovna načina: direktno i indirektno.

*Direktno korištenje*, znači korištenje vruće vode koja izbija (ili se ispumpa) iz podzemlja. Ono može biti raznoliko koristiti za grijanje kuća, staklenika, ribnjaka te za pojedine postupke u industriji.

*Indirektno korištenje*, geotermalne energije znači dobivanje električne struje. Ovdje se princip rada, ne razlikuje se bitno od klasičnih termoelektrana na ugljen ili mazut - razlika je samo, u načinu na koji se dobiva vodena para. Iz bušotine fluid se dovodi u separator gdje se para odvaja od tekućine. Potom se tečna voda vraća nazad u zemlju pomoću injezione bušotine. U isto vrijeme para se dovodi do niskotlačne turbine gdje se proizvodi električna energija. Geotermalna voda, odnosno njena toplina, danas se širom svijeta uglavnom koristi direktno, što znači bez pretvorbe u neki drugi oblik energije, a manje za proizvodnju električne energije. Direktna upotreba toplinske energije zamjenjuje energente koji onečišćuju zrak i okolinu. Međutim, od svih nabrojenih primjena geotermalne energije danas su najčešće za grijanje prostora (zgrade, stanovi ili cijela naselja) – energija geotermalnog izvora se ili direktno ili preko izmjenjivača topline (ovisno o čistoći geotermalnog fluida) dovodi do potrošača topline. U ovakvim sistemima za grijanje vruća voda se iz proizvodne bušotine preko pumpe dovodi direktno u sistem za grijanje ili izmjenjivaču topline, kao što se vidi na slici 2.2.

Kod indirektnog sistema grijanja vruća voda u izmjenjivaču topline predaje svoju toplinu drugom cirkulacijskom krugu, u kojem je neki fluid ili gradska voda. Ona ima toplinu  $Q$ , te kroz sekundarni krug cijevi dolazi do korisnika. Geotermalna voda, nakon što je predala svoju toplinu odvodi se iz izmjenjivača topline i pomoću utisne pumpe vraća se nazad u ležište kroz utisnu bušotinu. Kod indirektnog sistema grijanja vruća voda u izmjenjivaču topline predaje svoju toplinu drugom cirkulacijskom krugu, u kojem je neki fluid ili gradska voda. Direktno korištenje geotermalne energije za grijanje, za industrijske procese ili za bilo koju drugu svrhu uvijek se sastoji od sistema sa tri osnovne komponente :

1. proizvodna bušotina - za dovod vruće vode na površinu;
2. mehanički sistem - obuhvaća pumpe, toplinske izmjenjivače i kontrolne elemente, da bi se toplina dovela prostoru ili procesu;
3. utisna – injecciona bušotina - za prihvata ohlađenog geotermalnog fluida.

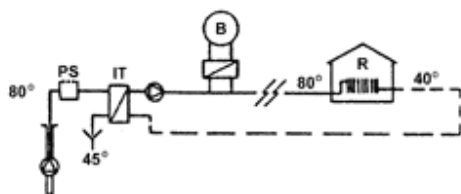
Izmjenjivači toplote ubičajeno su glavni dio opreme za direktno zagrijavanje. Svi standardni tipovi izmjenjivača toplote su u obliku ploče, DH (Down hole) pumpe i dr. mogu se koristiti u geotermalne svrhe zagrijavanja. Ali postoji nekoliko uslova koji se moraju razmotriti kada dizajniramo i odabiramo opremu za geotermalno zagrijavanje i za različitu upotrebu. Uobičajeno je da nije moguće koristiti geotermalni fluid direktno za zagrijavanje naselja prije svega zbog njihovog hemijskog sastava ili njegove temperature. Zbog ovih navedenih razloga neophodna je upotreba izmjenjivača toplote. Izmjenjivač toplote tipa "ploče" ima mnogo prednosti u odnosu na druge. Oni se specijalno koriste za niže temperature (40-50 °C) primjene zagrijavanja. DH (Down hole) pumpe se koriste da bi se doveli geotermalni fluidi na površinu do glavnog izmjenjivača toplote i do injeccionih bušotina.

Prednosti kod korištenja geotermalne energije (direktno) za proizvodnju električne energije su zaštita životne sredine, smještaj, pouzdanost i prilagođenost, ali u ovom slučaju ne odnose se na elektrane, već na geotermalne bušotine i fluide. Ušteda ovisi o primjeni i industriji, a smanjenje troškova može biti čak i 80% u odnosu na cijene ostalih vrsta goriva.

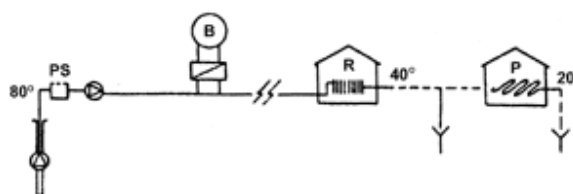
Glavni troškovi su inicijalne investicije, za proizvodnu i injekcionu bušotinu, potapajuće i prenosne pumpe, cjevovodi i distribucijska mreža, oprema za kontrolu i praćenje i rezervne postrojenja. Troškovi održavanja i upravljanja su inače manji nego u konvencionalnim sistemima grijanja.

### Indirektno korištenje

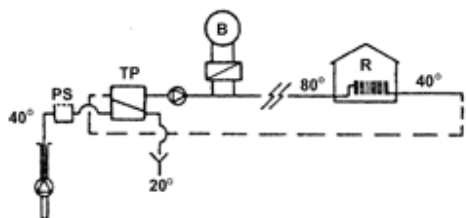
### Direktno korištenje



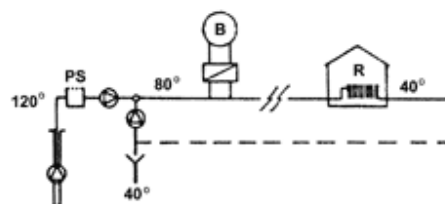
(a) Geot. vode temperature > 75 °C



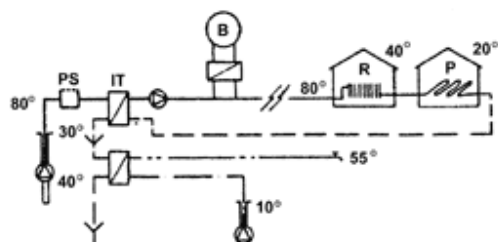
(d) Geot. vode temperature <100 °C



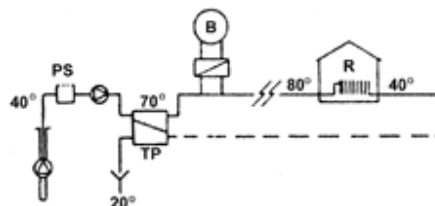
(b) Geot. vode temperature 30-50 °C



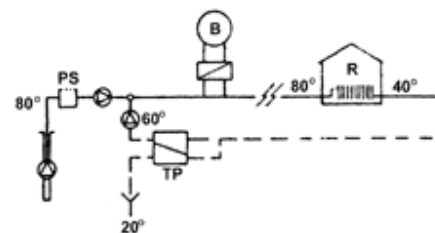
(e) Geot. vode temperature >100 °C



(c) Geot. vode temperature >75 °C, kaskadno kor.



(f) Geot. vode temperature 30-50 °C



(g) Geot. vode temperature <100 °C

### KAZALO

PS Plinski separator  
 B Bojler  
 R Grijanje radiatorima  
 P Podno grijanje  
 TP Toplinska pumpa  
 IT Izmjenjivač topline

Slika 2.2. Osnovni sistemi za grijanje prostora

U poljoprivredi se geotermalna energija može koristiti za različite metode grijanja stakleničkog prostora (radijatorsko grijanje tla, radijatorsko grijanje tla i zraka, grijanje tla i/ili zraka upuhavanjem i sl.) ili direktno ili preko izmjenjivača topline kao kod grijanja prostora. Termalna voda niže temperature i mineralizacije može se vrlo uspješno primijeniti za navodnjavanje ili zagrijavanje obradivih površina pri uzgoju agrikultura. Stijenke staklenika mogu biti od različitog materijala: fiberglasa, stakla, plastike i folije, koji iskorištavaju dio solarne energije da bi se podigla temperatura. To nije dovoljno u svim uvjetima (noću), prema tome je upotreba geotermalne energije kao dodatnog izvora topline koju možemo regulirati zadovoljavajuća. Upotrebom geotermalne energije u staklenicima smanjuju se troškovi proizvodnje koji iznose i do 35% udjela u troškovima ukupne proizvodnje.

### **Primjer geotermalnog zagrijavanja stanova - Izmir (Turska)**

Inženjerski radovi u Izmiru na toplinskom sistemu geotermalnog zagrijavanja i investicije počele su u oktobru 1995.godine, a završene i počele sa radom u isto vrijeme sljedeće godine kada je započela i primjena injektiranja. Kapacitet zagrijavanja je oko 8000 domova na početku dok bi se u budućnosti i dalje proširivali ukupni kapacitet sistema na 15.000 domova (100MWt). Izmir geotermalni sistem zagrijavanja je nedaleko od Balcova geotermalnog polja i jedno je od najvažnijih geotermalnih polja u Turskoj.

Balcova geotermalno polje je locirano između Balcova i Narhdere regije. Otprilike 10 km zapadno od centra grada Izmira. Tu je izvedena prva geotermalna bušotina u Turskoj, takođe prvi DH (down hole) izmjenjivač toplote je primjenjen u devet plitkih bušotina u ovom geotermalnom polju. Danas skoro sve bušotine u Balcova geotermalnom polju imaju LSP toplinske izmjenjivače koji su zamjenjeni sa DH toplinskim izmjenjivačima.

Balcova geotermalni sistem toplinskog zagrijavanja razvijalo je se korak po korak. Prvom fazom je bilo planirano da se zagrijava 2500 domova i počelo je sa radom u oktobru 1996. Dvije duboke bušotine (BD-2 i BD-3) korištene su za proizvodnju i jedna bušotina (B-2) korištena je za injektiranje u ovoj fazi. Bušotina BD-2 je arterškog tipa kapaciteta 25-40 l/sec. BD-3 je tkz. Islandskog dizajna sa DH izmjenjivačima toplote instaliranim na dubini od 150 m. Kapacitet pumpe je 45 l/sec. Prva faza radova završena je 1997. godine a povećanjem novih zahtjeva za zagrijavanje iniciralo je izradu studije za drugu fazu. Tri postojeće bušotine uključene su u drugoj fazi da povećaju broj proizvodnih bušotina. Ove bušotine koje su bile opremljene sa DH izmjenjivačima toplote zamijenjene su sa LSP izmjenjivačima. Takođe u drugoj fazi su uključene i dvije injekcione bušotine, jedna od ovih je već postojeća B-9 a druga injekciona bušotina B-12 je izbušena za ovu svrhu. Jedna od dubokih bušotina BD-4, kasnije je izbušena i priključena u sistem u trećoj fazi Najdublje uzgrađena bušotina je BD-5 a još dvije planirane bušotine izgrađene su u maju 1999. godine.

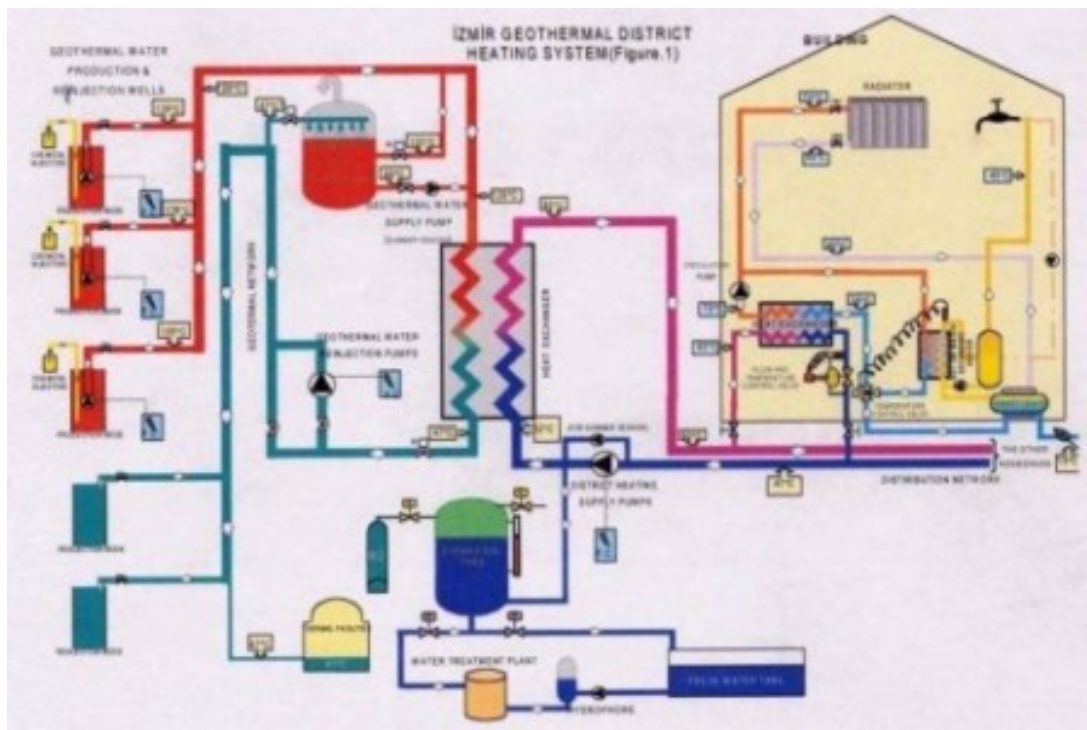
Prije upotrebe geotermalne enrgije većina centralnog grijanja bila je primjenjena u vladinim zgradama, stanovima u blok zgradama u kojima živi većina porodica u Bolcovi, koje se moglo više okarakterisati kao zagrijavanje prostora radije nego zagrijavanje naselja. Ubičajeno gorivo za ovu vrstu grijanja je bio ulje i ugalj koji su davali visok stepen zagađenosti zraka i pojavu smoga u gradu.

Najduži transport geotermalne vode je veoma kratak i iznosi samo 929 m, jer se geotermalno polje nalazi ispod Balcova regije. Postignute temperature iz bušotina u ovom polju su u vrijednosti od 105 °C do 104<sup>0</sup> C. Potrebe geotermalnog fluida ostvarivane su iz sedam proizvodnih bušotina (BD-2, BD-3, BD-4, B-10, B-11, B-4, N-L) sa ostvarenom dubinom od 48 do 150 m, u Balcova geotermalnom polju.

Geotermalne vode Balcova Agamemnon regije korištene su dugi niz godina u lječilišne svrhe, sa prvom geotermalno bušotinom izbušenom 1981. god u Balcova u blizini Thermal Hotela i prvom primjenom DH toplinskih izmjenjivača postalo je jasno da se ova energija može iskoristiti u svrhu zagrijavanja. Buštine BD-1 i BD-2 koje su izbušene 1994. i 1995., ohrabrine su lokalne vlasti u upotrebi ove geotermalne vode za zagrijavanje. 1995 godine prva faza projekta zagrijavanje 5000 stanova čiji je početni kapacitet bio 2500 domova.

U Balcova sistemu zagrijavanja (slika 3.1.) kako je opisano sadrži tri zatvorena i jedan otvoreni ciklus:

- Geotermalni zatvoreni ciklus: eksploatacija geotermalne vode, izdvajanje toplote pomoću izmjenjivača toplote, izdvajanje 15 % lječilišne svrhe, injektiranje preostale vode u rezervoar.
- Zona zatvorenog ciklusa: zatvoreni ciklus-krug vode, između izmjenjivača toplote ispod zgrada i radijatora u mjestu življenja.
- Otvoreni krug: zagrijavanje i upotreba vode koristeći manje izmjenjivače toplote ili bojlera u mjestu življenja.



Slika 3.1. Šema sistema geotermalnog zagrijavanja (Izmir)

Specijalni injekcioni hemijski sistem primjenjen je da bi spriječio problem obrušavanja ( $\text{CaCO}_3$ ) u svakoj geotermalnoj bušotini. Da bi se proizveo geotermalni fluid temperature između  $105\text{-}140^\circ\text{C}$ , korišteni su LSP sistemi izmjenjivača toplote u šest bušotina. Da bi se spriječila korozija gradske mreže korišteni su specijalni hemijski inhibitori.

Naziv bušotine	Svrha	Faza	Kapacitet (kg/s)	Temp. proizvodnje (°C)	Proizvodni Metod	Dubina (m)
BD	Proizvodna	1	40	125	Arteški	677
BD	Proizvodna	1	40	136	Pump	750
BD	Proizvodna	2	45	139	Pump	6624
BD	Proizvodna	Planirana	20	115	Pump	1150
B	Proizvodna	3	20	108	Pump	125
B	Proizvodna	3	30	110	Pump	125
B	Proizvodna	2	15	110	Pump	125
N	Proizvodna	2	5	108	Pump	150
B	Injekciona	1	35	-	-	160
B	Injekciona	2-3	70	-	-	48
B	Injekciona	2-3	35	-	-	160

Tabela 1. Proizvodne i injekcione bušotine korištene u Balcova sistemu zagrijavanja naselja

85 % geotermalne vode je reinjektirano a ostatak proizvedene geotermalne vode iskorišteno je za okolna termalna postrojenja. Dizajnirana vrijednost energije, količina koja je zahtjevana u Balcovi, bazirana na domovima 100 m, na temp 0°C spoljne temperature je 5320 kcal/h. Prosječna mjesečna vanjska temperatura je 9°C pa je u ovom slučaju ukupna geotermalna proizvodnost iznosi oko 87 kg/sec, sa prosječnom temeopraturom od 125°C. Troškovi grijanja jednog stana u Balcova geotermalnom sistemu grijanja iznose oko 2000 USD (mreža i i sistem grijanja su uključeni a instalacije i radijatori u kući su isključeni). Priključeni korisnici plaćaju oko 20 USD mjesečno za grijanje. Korištenjem geotermalnog vida energije za zagrijavanje 210.000 tona CO<sub>2</sub> nije emitovano u atmosferu pa se sa ovog aspekta može govoriti o značajnom doprinosu sačuvanja životne sredine. Korisnici geotermalnog sistema zagrijavanja, vlastitom voljom podržavaju finansijski investicije u ovaj način grijanja shvatajući da je on jeftin, čist i pouzdan u odnosu na druge izvore energije.

## Geotermalna energija Bosne i Hercegovine

Prema dostupnim studijama, procjenjuje se da cijela zemlja ima potencijal oko 33 MWt, ali neke lokacije kao što su Bosanski Šamac (92°C), Kakanj (54°C) i Sarajevo (58°C) mjesto Ilidža sa kapacitetom 240 l/s termalne vode i temperature 58°C ukupne snage 1MWgdje je pilot projekat zaustavljen ratom, imaju temperature preniske za proizvodnju električne energije, ali je moguće na drugi način iskoristiti za zagrijavanje naselja ili u druge termalne svrhe.

Područje sjevero-istočne Bosne odnosno Semberije je veoma perspektivno u pogledu eksploatacije geotermalne energije. Geotermalni resursi Semberije otkriveni su 1957. godine poslije izrade istražne bušotine u Dvorovima kada je došlo do erupcije termalne vode sa temperaturom od 75°C. Nakon toga izbušene su još četiri duboke bušotine (Bijeljina, Dvorovi Dv-1, Popovi, Ostojićevo). Na području opštine Bijeljina postoje četiri vrste geotermalnih resursa:

- Termalne vode u krednim i trijaskim krečnjacima sa temperaturom do 140 °C
- Termalne vode u neogenim sedimentima, tj. u pjeskovito-šljunkovitim kolektorima sa temperaturom do 40 °C
- Geotermalna energija u izdanskim "hladnim" vodama u aluvijalnom nanosu rijeke Drine i
- Geotermalna energija u suhim stijenama – hidrološkim izolatorima.

Dosadašnja primjena evidentnih resursa je međutim veoma skromna, s obzirom da se u Dvorovima iz bušotine S-1 koristi samo 7 l/sec termalnih voda pri čemu se 2/3 njene geotermalne energije baca u kanalizaciju, jer nema potrošača koji bi tu energiju iskoristili.

Prema fizičko-hemijskim svojstvima ona je oligomineralna (600 mg/l), bogata sa Na, Ca hidrokarbonatno hloridna a njena Ph vrijednost je 7,2 (alkalna). Dubina izvora termo-mineralne vode je 1345m, a nadmorska visina je 93m. Izrađena detaljna analiza u nivou idejnog rješenja pokazuje da je sa geotermalnom energijom moguća potpuna toplifikacija Bijeljine (23.600 stambenih jedinica + industrija). Za te svrhe potrebna količina termalne vode  $T=80\text{ }^{\circ}\text{C}$  je 850 l/sec. maksimalna toplotna snaga geotermalnog toplifikacionog sistema za takvu potpunu toplifikaciju je 280 MW. Da bi se geotermalna energija kvalitetno iskoristila potrebno je završavanje istraživanja i radova na već postojećim, započetim projektima npr. Ilidža Sarajevo, priprema i kompletiranje jedinstvene geotermalne karte BiH, nova detaljna geološka, geofizička, hidrogeološka, hidrodinamička istraživanja postojećih već identifikovanih geotermalnih polja s ciljem utvrđivanja potencijalnih mogućnosti za njihovu eksploataciju.

## **Zaključak**

Posljednjih decenija raste i širi se briga među ljudima o zaštiti životne sredine, a to istovremeno uključuje smanjenje potrošnje energije sa baziranjem proizvodnje na ekološki čistoj energiji. Prednosti korištenja geotermalnih resursa jeste u tome, da isti predstavlja jeftin, stabilan, trajan i pouzdan izvor energije, bez ekološki neprihvatljivog otpada i emisije štetnih gasova. Budući projekti u BiH trebali bi se bazirati na povećanju korištenja geotermalne energije, po ugledu na zemlje koje već sada imaju jako visoke procenete u iskorištenju geotermalnih resursa. Temperature voda kao i dubine bušenja potrebne za eksploataciju na našim prostorima, ne bi trebali predstavljati veći problem jer danas postoje metode pomoću kojih se efikasno mogu koristiti i takvi resursi.

Slabosti ovog načina proizvodnje energije proizilaze iz činjenice, da je malo lokacija na Zemlji gdje se vrela voda u podzemlju ne nalazi na prevelikoj dubini, a obično su vezana za tkz. geotermalne zone odnosno, granice litosfernih ploča.

## LITERATURA:

1. "BIJELJINA – GEOTERMALNI RESURSI SEMBERIJE"  
(<http://www.sunce.org/index.php?strana=Bijeljina>)
  2. "DIRECT USES OF GEOTHERMAL ENERGY 1995" D.  
H. Freeston, Geothermal Institute University of Auckland, New Zealand
  3. "ENERGIJA I OKOLINA"  
Prof.Dr.Mirsad Đonlagić, 2005.
  4. EGEC - EUROPEAN GEOTHERMAL ENERGY COUNCIL A.S.B.L. RENEWABLE ENERGY HOUSE“ 2007. ([www.egec.org](http://www.egec.org))
  5. „GEOTHERMAL DISTRICT HEATING EXPERIENCE IN TURKEY“ Orhan  
Mertoglu, Orme Jeotermal, Ankara, Turkey
  6. "GEOTHERMAL ENERGY"  
(<http://geothermal.id.doe.gov/what-is.shtml>)
  7. „GEOTHERMAL ENERGY“  
([www.rise.org.au/info/Res/geothermal/index.html](http://www.rise.org.au/info/Res/geothermal/index.html))
  8. „GEOTERMALNA ENERGIJA“  
(<http://www.izvorienergije.com>)
  9. „GROUND SOURCE HEAT PUMPS GEOTERMİKUS HÖSZIVATTYÚK“ Dr.  
Burkhard Sanner European Geothermal Energy Council, Brussels, 2007
  10. „HIDROGEOTERMALNI MODEL MAČVE“ Mića  
Martinović and Mihailo Milivojević, Rudarsko-geološki fakultet, Institut za hidrogeologiju,  
Laboratorija za geotermalnu energiju, Beograd, Srbija
  11. KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE“  
(<http://www.eihp.hr/index.php>)
  12. „MODELING OF KIZILDERE GEOTHERMAL RESERVOIR“Kadri Yeltekin, Mahmut  
Parlaktuna, Serhat Akin, Ankara, Turkey
  13. „PRESENT STATUS OF GEOTHERMAL ENERGY AND ITS UTILIZATION IN  
TURKEY“Umran Serpen, Dept. of Petroleum and Natural Gas Engineering of Istanbul  
Technical University
  14. „RENEWABLE ENERGY SOURCE: GEOTHERMAL“(www.energyforkeeps.org.)
  15. „THE OREGON INSTITUTE OF TECHNOLOGY GEOTHERMAL HEATING SYSTEM -  
THEN AND NOW“Tonya L. Boyd Geo-Heat Center
  16. „USING LOW TEMPERATURE GEOTHERMAL RESOURCES“Prawn Farm, Taupo, New  
Zealand
- „WHAT IS GEOTHERMAL ENERGY?“Mary H. Dickson and Mario Fanelli, Istituto di  
Geoscienze e Georisorse, CNR , Pisa, Italy, Feb



# BRZINA LONGITUDINALNIH TALASA I STRUKTURNA GRAĐA GABRA

**\*Enver MANDŽIĆ\*\*Kenan MANDŽIĆ\*\*\*Eldar Husejnagić**

## REZIME

Eksploatacija magmatske stijene gabro vrši se na pet majdana unutar ležišta gabra Jablanica. Ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava jablaničkog gabra izvršena su na uzorcima dimenzija 5x5x5 cm, a za svaki majdan je pripremljeno 60 uzoraka. Na svakom od uzoraka, u suhom stanju, provedena su ispitivanja brzine prostiranja longitudinalnih talasa duž tri ose. Ispitivanja brzine longitudinalnih talasa za majdane gabra iz ležišta Jablanica provedena su u istim uslovima, za svako ležište i svaki uzorak. Mjerena su vremena nailaska talasa a brzina dobivena kao odnos pređenog puta talasa u jedinici vremena. Za karakteristične uzorke iz pojedinih majdana izrađeni su preparati na kojima su izvršena ispitivanja mineraloško-petrografskog sastava i analiza njihove strukturne građe. Svaki od preparata detaljno je analiziran, a izrađene su i mikrofotografije karakterističnih dijelova svakog od njih. Na osnovu ispitivanja utvrđene su promjene mineraloško-petrografskog sastava i strukturne građe. Kod ispitivanja brzine prostiranja longitudinalnih talasa na uzorcima su utvrđene promjene brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osama uzrokovane promjenama u strukturnoj građi gabra. Izvedena istraživanja pokazuju da promjena u strukturnoj građi utiče na brzinu prostiranja longitudinalnih talasa u gabru sa ležišta Jablanica.

**Ključne riječi:** brzina prostiranja longitudinalnih talasa u gabru, mineraloško-petrografski sastav, gabro

## SUMMARY

The exploitation of magmatic rock gabro is conducted on five „majdan“ in gabro deposit in Jablanica. The testing of physical and mechanical characteristics of gabro Jablanica was conducted on samples with dimensions 5x5x5cm, and 60 samples were prepared for each “majdan”. On each sample, in dry condition, the testing of longitudinal waves velocities, along three axes, was conducted. The testing of longitudinal waves velocities, for each “majdan” from Jablanica deposit, were conducted in same conditions for each sample and “majdan”. The first wave arrivals were measured, and the speed is calculated as the traveled distance in value of time. For characteristic samples from each “majdan” the preparations were made, on which, the testing of mineralogical and petrographical composition and structural matter, were conducted. Each preparation is detail tested, also the microphotographs of characteristic parts of preparations were made. Based on the testing of mineralogical and petrographical composition and structural matter, the changes were determined. Changes were determined in longitudinal wave’s velocities along all axes that resulted from changes in structural matter. The testing between these data is showing how the changes in structural matter influence on longitudinal waves velocities.

**Key words:** longitudinal waves velocities in gabro, mineralogical nad petrographical composition of gabro, gabro

---

\*Enver MANDŽIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

\*\*Kenan MANDŽIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

\*\*\*Eldar HUSEJNAGIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

# Eksperimentalni podaci i mineraloško-petrološke analize su sastavni dio doktorske disertacije „Uticaj strukturne građe na čvrstoću gabra“ kandidata mr.sc.Kenana MANDŽIĆA. Doktorska disertacija rađena pod mentorstvom Prof.dr.sc. Envera MANDŽIĆA

## 1. UVOD

Eksploatacija magmatske stijene gabro vrši se na pet majdana unutar ležišta gabra Jablanica. Uzorci gabra Jablanice, za potrebe ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika, pripremljeni su rezanjem iz blokova stijenske mase, mokrim postupkom, dijamantskim pilama. Za svaki majdan je pripremljeno 60 uzoraka a na svakom od uzoraka, u suhom stanju, provedena su ispitivanja brzine prostiranja longitudinalnih talasa duž tri ose, dok su ispitivanja mineraloško-petrografskog sastava i strukturne građe izvršena na karakterističnim uzorcima sa svakog od pet majdana.

Ispitivanja su izvedena zbog utvrđivanja međusobnog odnosa strukturne građe i brzine prostiranja longitudinalnih talasa kroz gabro Jablanica.

## 2. Brzina longitudinalnih talasa u gabru

Talasi kod kojih čestice osciluju u pravcu napredovanja, nazivaju se longitudinalni talasi. Ovi talasi se još zovu i primarni talasi jer imaju najveću brzinu prostiranja i prostiru se kroz sve sredine bez obzira na njihovo agregatno stanje. Brzina prostiranja longitudinalnih talasa kroz pojedine materijale predstavlja značajan pokazatelj promijena koje se javljaju u tom materijalu odnosno, dobar pokazatelj anizotropnosti materijala.

Ispitivanja se izvode pomoću uređaja koji je sastavljen od: glavne jedinice, predajnika i prijemnika. Predajnik i prijemnik se postavljaju na suprotne stranice uzorka koji je posebno pripremljen za ispitivanja.

Uzorci ne smiju biti u dodiru sa drugim tečnostima osim vode. Površine uzorka, na koje naliježu predajnik i prijemnik, moraju biti glatke i paralelne u okviru 0,1mm na 20 mm širine uzorka. Prilikom mjerenja, predajnik šalje impuls u uzorak koji dolazi do prijemnika koji bilježi vrijeme nailaska impulsa. Vrijeme nailaska prvog impulsa predstavlja brzinu nailaska longitudinalnog talasa.

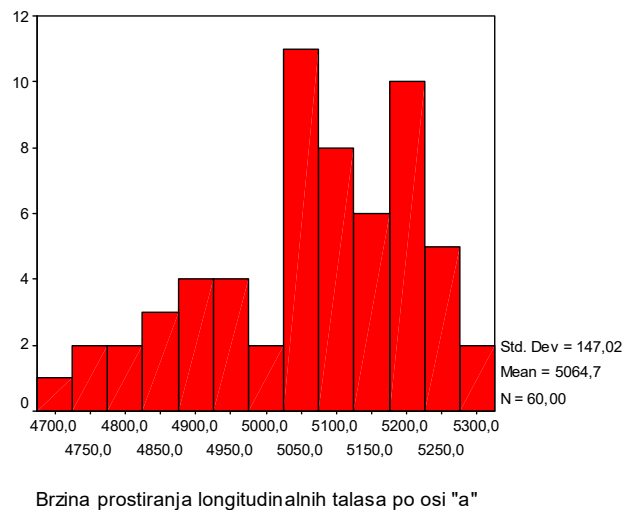
Pošto brzina longitudinalnih talasa i prosječna veličina zrna predstavljaju karakteristike materijala, frekvencija i širina uzorka moraju biti pažljivo odabrani da bi zadovoljili uslove ispitivanja svakog uzorka. Ispitivanja brzine longitudinalnih talasa za majdane gabra iz Jablanice uzela su u obzir sve uticajne faktore, tako da su sva ispitivanja provedena u istim uslovima za svaki majdan i svaki uzorak. Ispitivanja su izvedena na uređaju Ultrasonic tester E45, firme Controls, Italija.

Uzorci su ispitani u suhom stanju a mjerenja su provedena duž tri ose za svaki uzorak. Mjerena su vremena nailaska talasa a brzina dobivena kao odnos pređenog puta impulsa u jedinici vremena. Dobiveni rezultati korišteni su za proračun srednjih vrijednosti brzina za svaki uzorak kao i za statističku obradu za svako ležište pojedinačno.

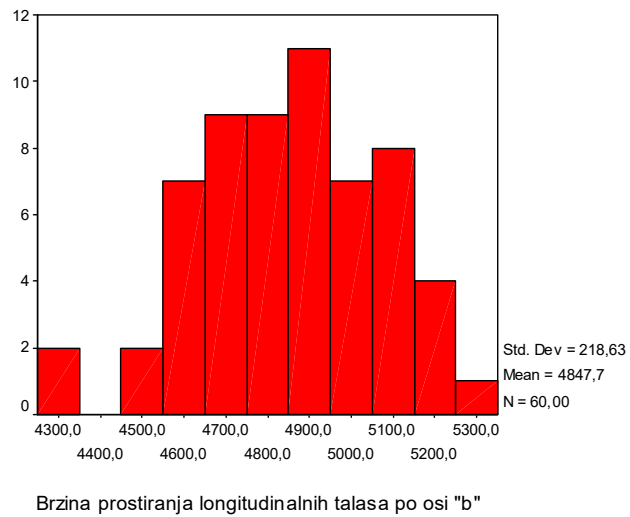
**Majdan „Car“**

a 29; b 23; h 8		a 10; b 33; h 17	
4900-5150		4250-4900	
4902-4950	11	4250-4300	1
4950-5000	10	4300-4350	1
5000-5050	7	4350-4400	0
5050-5100	17	4400-4450	0
5100-5150	15	4450-4500	1
Suma	60	4500-4550	4
a 21; b 4; h 35		4550-4600	9
5150-5400		4600-4650	4
5150-5200	21	4650-4700	3
5200-5250	20	4700-4750	11
5250-5300	12	4750-4800	12
5300-5350	5	4800-4850	7
5350-5400	2	4850-4902	7
Suma	60	Suma	60

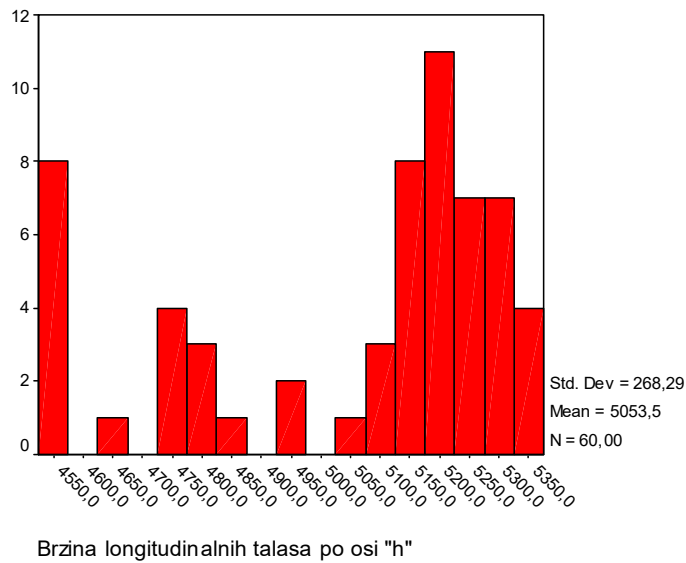
Tabela 1. Prikaz raspodjele brzina longitudinalnih talasa po određenim rasponima vrijednosti brzina



Slika 1. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „a“



Slika 2. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „b“



Slika 3. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „h“

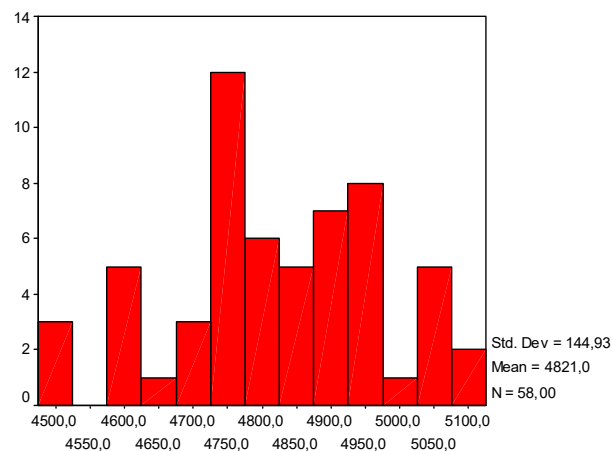
a 22; b 23 ; h 6	
4450-4804	
4450-4500	2
4500-4550	5
4550-4600	1
4600-4650	8
4650-4700	6

**Maidan „Suljo Čilić“**

a 8; b 12 ; h 38	
4980-5500	
4981-5000	5
5000-5050	12
5050-5100	10
5100-5150	6
5150-5200	5
5200-5250	6
5250-5300	3
5300-5350	3
5350-5400	4
5400-5450	2
5450-5500	2
Suma	58

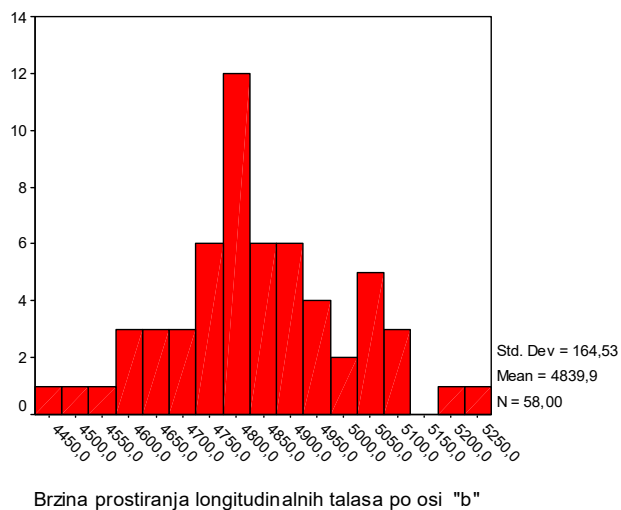
4700-4750	16
4750-4800	19
4800-4803	1
Suma	58
a 21; b 23 ; h 14	
4804-4980	
4803-4850	15
4850-4900	19
4900-4950	16
4950-4980	8
Suma	58

Tabela 2. Prikaz raspodjele brzina longitudinalnih talasa po određenim rasponima vrijednosti brzina

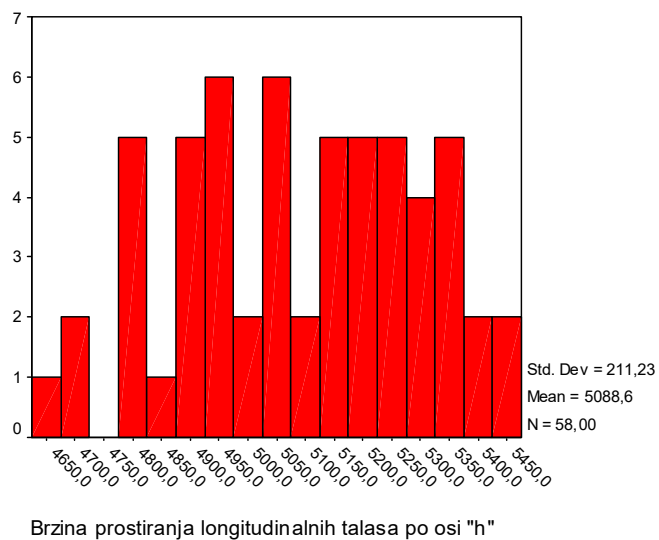


Brzina prostiranja longitudinalnih talasa po osi "a"

Slika 4. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „a“



Slika 5. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „b“



Slika 6. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „h“

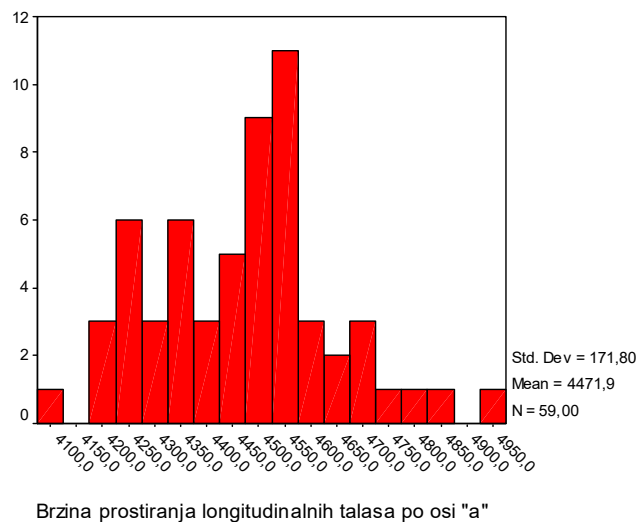
**Majdan „Velja stijena“**

a 46; b 10 ; h 3	
4200-4572	
4200-4250	3
4251-4300	10
4300-4350	5
4350-4400	6
4400-4450	5
4450-4500	8
4500-4550	14
4550-4572	8
Suma	59

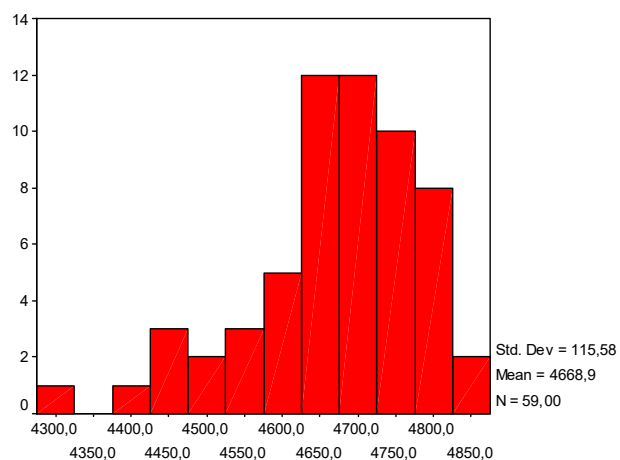
a6; b 20 ; h33	
4573-4689	
4573-4600	14
4600-4650	28
4650-4689	17
Suma	59

a 7; b 29 ; h 23	
4690-5250	
4690-4700	7
4700-4750	19
4750-4800	24
4800-4850	6
4850-4900	1
4950-5000	1
5000-5050	0
5050-5100	0
5100-5150	0
5150-5200	0
5200-5250	1
Suma	59

Tabela 3. Prikaz raspodjele brzina longitudinalnih talasa po određenim rasponima vrijednosti brzina

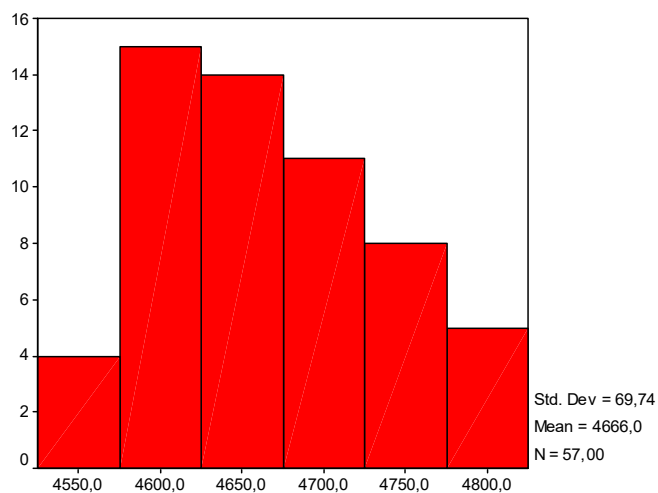


Slika 7. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „a“



Brzina prostiranja longitudinalnih talasa po osi "b"

Slika 8. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „b“



Brzina prostiranja logitudinalnih talasa po osi "h"

Slika 9. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „h“

**Majdan „Padešnica“**

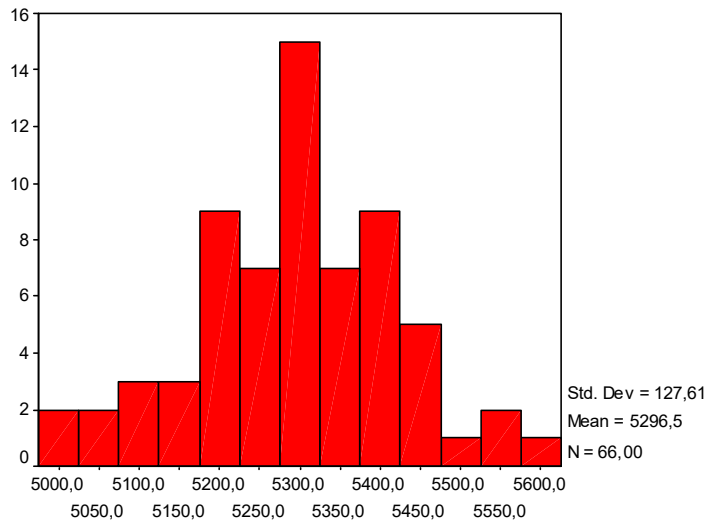
a 29; b 33 ; h 4	
4950-5000	2
5000-5050	2
5050-5100	2
5100-5150	15
5150-5200	13
5200-5250	19
5250-5281	13
Suma	66

a 33; b 28 ; h 5	
5478-5500	13
5500-5550	14
5550-5600	25
5600-5650	9
5650-5700	4
5700-5750	1
	66

a 4; b 5 ; h 57	
5281-5300	12
5300-5350	16
5350-5400	18
5400-5450	14
5450-5478	6
Suma	66

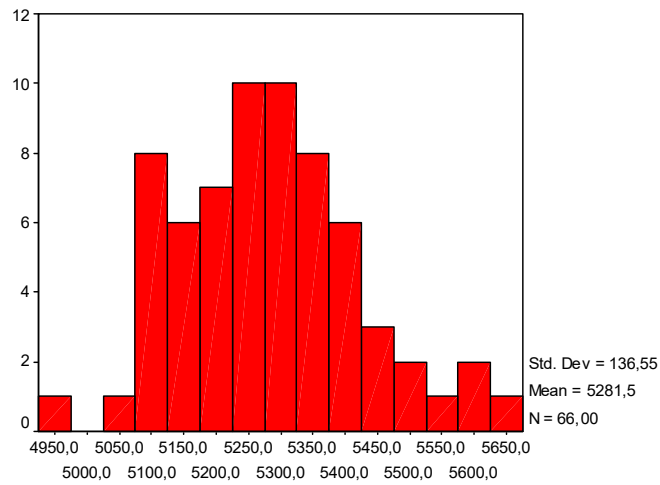
Tabela 4. Prikaz raspodjele brzina longitudinalnih talasa po određenim rasponima vrijednosti brzina





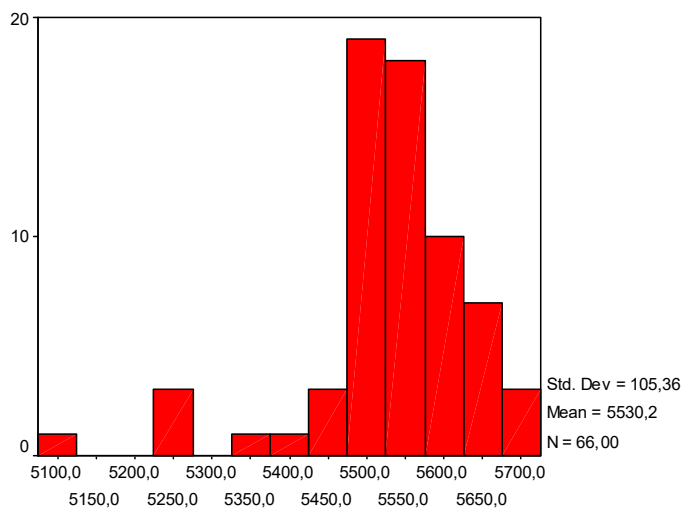
Brzina prostiranja longitudinalnih talasa po osi "a"

Slika 10. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „a“



Brzina prostiranja longitudinalnih talasa po osi "b"

Slika 11. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „b“



Brzina prostiranja longitudinalnih talasa po osi "h"

Slika 12. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „h“

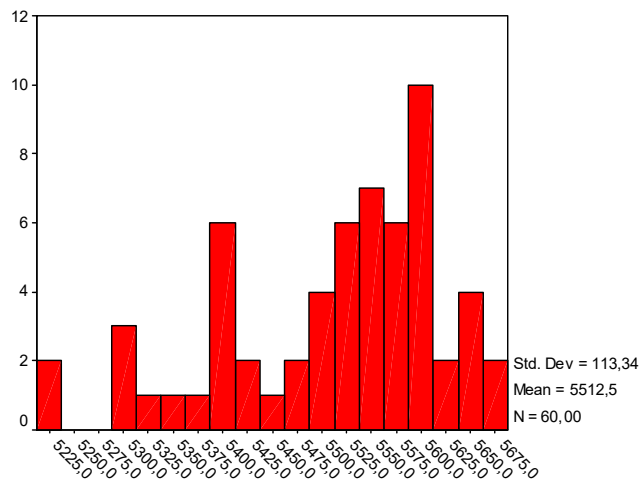
**Majdan „Padešnica crna“**

a 14; b 24 ; h 4	
5000-5415	
5000-5050	2
5050-5100	1
5100-5150	3
5150-5200	5
5200-5250	10
5250-5300	7
5300-5350	13
5350-5400	15
5400-5415	4
Suma	60

a 24; b 16 ; h 20	
5415-5578	
5415-5450	10
5450-5500	14
5500-5550	26
5550-5578	10
Suma	60

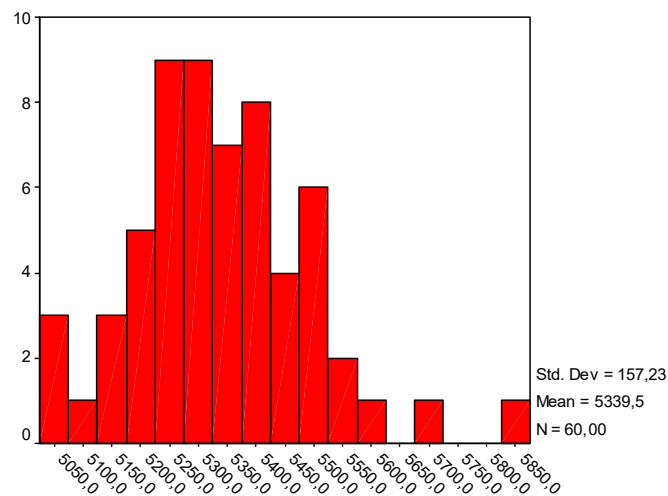
a 22; b 3 ; h 35	
5578-5900	
5578-5600	20
5600-5650	21
5650-5700	12
5700-5750	6
5750-5800	0
5800-5850	0
5850-5900	1
Suma	60

Tabela 5. Prikaz raspodjele brzina longitudinalnih talasa po određenim rasponima vrijednosti brzina



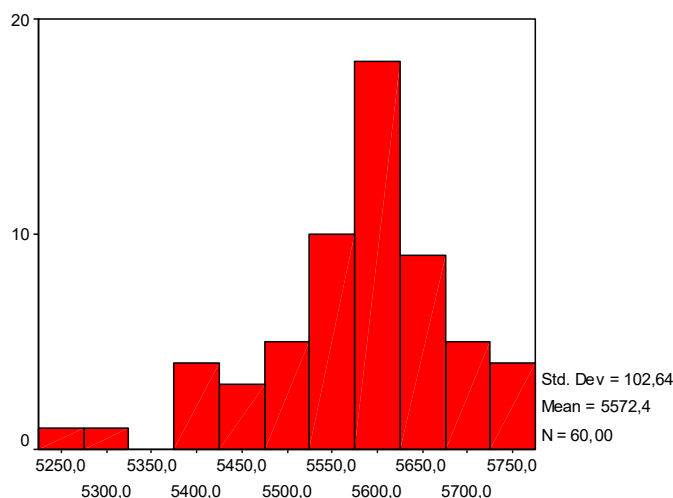
Brzina prostiranja longitudinalnih talasa po osi "a"

Slika 13. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „a“



Brzina prostiranja longitudinalnih talasa po osi "b"

Slika 14. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „b“



Brzina prostiranja longitudinalnih talasa po osi "h"

Slika 15. Histogram raspodjele brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „h“

Na osnovu rezultata mjerenja brzine prostiranja talasa vidljiva je različita statistička raspodjela brzina za svaku osu duž koje su izvršena mjerenja.

**Kod majdana „Car“**, na histogramima raspodjele, po osi „a“, prisutan uticaj najmanje dva faktora koji su prikazani jasno izraženim modovima, dok je rasipanje rezultata u manjem rasponu u odnosu na ostale dvije ose (sl.1). Kod mjerenja duž use „b“ prisutna je gotovo simetrična raspodjela sa jednim značajnim uticajnim faktorom i više faktora koji utiču na povećanje i smanjenje brzine prostiranja talasa kod manjeg broja uzoraka (sl.2). Više modova javlja se u vrijednostima manjim od srednje vrijednosti. Histogram mjerenja po osi „h“ pokazuje veće rasipanje rezultata, sa pojavom značajnog moda u manjim vrijednostima brzine prostiranja talasa (sl.3). Pored toga, javlja se još manji broj modova za manje vrijednosti, ali je ipak najveća koncentracija mjerenja u većim vrijednostima brzina. U zoni većih brzina vidljiv je jasno izražen glavni mod koji predstavlja značajni uticajni faktor. Zbog faktora koji utiču na smanjenje brzine talasa samo jedan uzorak ima utvrđenu srednju vrijednost, što ukazuje na to da je tačnost srednje vrijednosti ispitanih brzina mala. Prema tabelarnom prikazu raspodjele brzina longitudinalnih talasa po određenim rasponim vrijednosti brzina vidljivo je da su najveće brzine zabilježene većinom pri mjerenju duž ose „h“ (tabela 1). U tabeli je vidljivo da u rasponu od 4250-4900 najveći broj mjerenja izvršen duž ose „b“, dok je sa povećanjem brzine u rasponu od 4900-5150 najveći broj mjerenja duž ose „a“. Najveći broj vrijednosti brzine u rasponu od 5150-5400 izmjeren je duž ose „h“.

**Kod majdana „Suljo Čilić“** vrijednosti brzine prostiranja talasa kroz ispitivane uzorke se javljaju u velikom rasponu. Na histogramima statističke raspodjele prikazana je promijena iste u zavisnosti od ose duž koje se vrše mjerenja. Dok su mjerenja duž osa „a“ i „h“ pokazala veliko rasipanje, duž ose „b“ vidljiva je gotovo simetrična raspodjela. Duž ose „a“ vidljiva je pojava jednog značajnijeg moda koji ukazuje na postojanje jednog značajnijeg uticajnog faktora (sl.4). Međutim, pored ovog moda pojavljuje se veći broj modova koji ukazuju na pojavu većeg broja uticajnih faktora koji gotovo podjednako utiču na brzinu prostiranja talasa duž ose „a“. Duž ose „b“ prikazana je raspodjela sa jasno izraženim glavnim modom dok su ostali modovi znatno manje izraženi, odnosno broj značajnih uticajnih faktora je manji nego po osi „a“ (sl.5). Srednja vrijednost dobivene brzine talasa nalazi se na vrijednosti najjače izraženog moda.

Histogram raspodjele brzine prostiranja talasa duž ose „h“ pokazuje postojanje većeg broja uticajnih faktora, koji su predstavljeni većim brojem modova (sl.6). U raspodjeli po osi „h“ gotovo svi modovi su jednako zastupljeni u raspodjeli što govori o podjednakom uticaju velikog broja faktora. Prema raspodjeli brzina po određenim rasponima (tabela 2) vidljivo je da, je za manje vrijednosti brzina u rasponima od 4450-4804 i 4804-4980, najveći broj mjerenja dobiven duž osa „a“ i „b“. Najveći broj mjerenih brzina longitudinalnih talasa u rasponu od 4980-5500 utvrđen je duž ose „h“ (Tabela 2).

Rezultati mjerenja duž ose „h“, za **majdan „Velja stijena“**, pokazuju vrlo malo rasipanje rezultata. Rasipanje rezultata nastalo je kao posljedica uticaja većeg broja faktora a njihov uticaj je prikazan na histogramima raspodjele u obliku izraženih modova. Najviše modova (uticajnih faktora) izdvaja se za osu „a“ je najmanje modova izdvojeno mjerenjima po osi „h“. Na mjerenja duž ose „a“ značajan uticaj su imala dva dominantna uticajna faktora koja su predstavljena dominantnim modovima (sl.7). Pored ova dva moda javlja se još nekoliko podjednako zastupljenih modova koji utiču na raspodjelu rezultata. Podjednaka zastupljenost ovih modova, odnosno uticajnih faktora uticala je na rasipanje rezultata mjerenja prikazanih na dijagramu. Histogram raspodjele po osi „b“ pokazuje četiri dominantna moda koji se nalaze jedan do drugog, stim da su dva više izražena (sl.8). Raspon uticaja ovih modova je mnogo manji po osi „b“ nego po osi „a“ a samim tim je i rasipanje rezultata manje. Međutim, na rasipanje rezultata mjerenja utiču manje zastupljeni modovi, odnosno manje izraženi uticajni faktori koji su u nekim uzorcima djelovali na smanjenje brzine prostiranja longitudinalnih talasa. Histogram ose „h“ pokazuje postojanje više modova, koji se nalaze jedan do drugog (sl.9). Međutim svi ovi uticajni faktori koji su predstavljeni tim modovima ne utiču značajno na promjenu brzine prostiranja talasa, tako da su rezultati u mnogo manjem rasponu nego po drugim osama. Na osnovu ovog može se zaključiti da je strukturna građa materijala iz ležišta „Velja stijena“ ravnomjernija duž ose „h“ u odnosu na ose „a“ i „b“.

Prema tabelarnom prikazu raspodjele brzina longitudinalnih talasa najviše mjerenja, u rasponu brzina 4200-4527m/s, je duž ose „a“, dok su mjerenja duž ostale dvije ose gotovo podjednako zasupljena u rasponima većih vrijednosti brzina (Tabela 3).

Rasipanje rezultata za **majdan „Padešnica“** je najveće duž ose „a“, nešto manje duž ose „b“, dok je najmanje rasipanje duž ose „h“. Histogrami raspodjele pokazuju simetričnu raspodjelu mjerenja duž ose „a“, tako da i pored velikog rasipanja dobivena vrijednost srednje brzine je realna vrijednost koja se može očekivati pri daljim mjerenjima (sl.10). Na histogramu je vidljiv jedan glavni mod koji predstavlja jedan značajan uticajni faktor koji u najvećoj mjeri utiče na brzinu longitudinalnih talasa kroz uzorak. Ostali uticajni faktori podjednako utiču na povećanje i smanjenje brzine talasa što je i prikazano većim brojem modova sa jedne i sa druge strane glavnog moda. Histogram raspodjele za osu „b“ (sl.11) pokazuje također gotovo simetričnu raspodjelu gdje je prisutan podjednak uticaj dva glavna faktora čiji modovi nisu značajno istaknuti u odnosu na ostale modove, što se vidi i iz broja uzoraka kojima je izmjerena brzina prikazana modovima (po 10 uzoraka). Pored ova dva moda pojavljuje se veći broj modova koji su gotovo simetrično raspoređeni u odnosu na glavne modove. Na histogramu je modom prikazan i uticajni faktor koji dovodi do smanjenja brzine talasa. Histogram mjerenja duž ose „h“ ukazuje na nesimetričnu raspodjelu, predstavljenu sa dva, značajno istaknuta, glavna moda dok se većina manjih modova javlja iznad glavnih (sl.12). Na ovakvu raspodjelu rezultata i dobivenu srednju vrijednost uticaj imaju i faktori predstavljeni modovima koji značajno smanjuju vrijednosti mjerenih brzina. To je predstavljeno na lijevoj strani histograma, a može biti posljedica nekih rijetkih pojava u stijenskom materijalu, jer je broj tako dobivenih mjerenja mali. Na osnovu tabelarnog prikaza mjerenih brzina, u mjernom opsegu od 4950-5281 m/s, približno isti broj rezultata dobiven je mjerenjem duž osa „a“ i „b“, dok je duž ose „h“ brzina, u ovom mjernom opsegu, izmjerena na samo 4 uzorka (tabela 4). Isti slučaj je i sa mjerenjima u mjernom opsegu 5478-5750 m/s.

U mjernom opsegu 5281-5478 m/s, najviše izmjerenih brzina je duž ose „h“. Na osnovu ovoga se može pretpostaviti da je struktura ravnomjernija duž ose „h“ u odnosu na druge dvije ose.

Na **majdanu „Padešnica crna“**, rasipanje rezultata je nešto manje duž ose „b“, dok za osu „a“ histogram raspodjele pokazuje veliko rasipanje rezultata u manjem rasponu, sa potpuno asimetričnom raspodjelom (sl.13). Raspodjela ukazuje na to da postoji veliki broj uticajnih faktora na brzinu prostiranja talasa, pri čemu se ističe jedan mod odnosno uticajni faktor koji značajnije utiče na brzinu prostiranja talasa. Ovakva raspodjela rezultata utiče na tačnost dobivene srednje vrijednosti brzine prostiranja talasa, tako da ta vrijednost nije najvjerovatnija vrijednost brzine longitudinalnih talasa po osi „a“. Pored glavnog moda vidljiva su još četiri podjednako uticajna moda.

Histogram raspodjele duž ose „b“ prikazuje Gausovu raspodjelu sa dva izdvojena uticajna faktora koji su predstavljeni sa dva moda u domenu većih brzina nakon najvjerovatnijih vrijednosti brzine (sl.14). Srednja vrijednost mjerenja poklapa se sa položajem glavnih modova, ali je samo na osam uzoraka izmjerena ta vrijednost. To znači da to nije najvjerovatnija srednja vrijednosti brzine prostiranja longitudinalnih talasa po osi „b“. Kod histograma raspodjele rezultata po osi „h“, rezultati variraju u vrlo malom rasponu, izuzev dva mjerenja (sl.15). Raspodjela je približno simetrična sa jasno istaknutim glavnim modom, odnosno jasno izraženim glavnim uticajnim faktorom. Srednja vrijednost nalazi se u zoni glavnog moda što ukazuje da je velika vjerovatnoća dobijanja iste brzine prostiranja longitudinalnih talasa po ovoj osi pri budućim mjerenjima. Prema tabelarnom prikazu raspona rezultata mjerenja vidi se da je u rasponu brzina od 5000-5451 m/s, najveći broj mjerenja duž ose „b“ (Tabela 5). U rasponu 5415-5578 m/s najveći broj mjerenja je duž ose „a“, dok je sa povećanjem brzina, u rasponu 5578-5900 m/s najveći broj mjerenja duž ose „h“. Značajna razlika je u smjeni broja mjerenih vrijednosti za ose „a“ i „h“ kod manjih i većih brzina, na osnovu čega se može zaključiti da je struktura ravnomjernija duž ose „h“ nego duž ose „a“.

### **3. Strukturna građa jablaničkog gabra**

Pod strukturom, podrazumijeva se oblik i veličina zrna kao i način njihovog srastanja unutar stijene. U zavisnosti od toga da li je stijena izgrađena od iskristalisanih minerala, stakla i iskristalisanih minerala ili samo stakla, razlikujemo holokristalastu (iskristalisan minerali), hipokristalastu (staklo i iskristalisan minerali) i hijalinsku ili staklastu (staklo) strukturu. Oblik kristalnih mineralnih komponenti prije svega zavisi od vremena kristalizacije. Mineralni sastojci koji prvi kristaliziraju imaju dosta mjesta za razvoj tako da formiraju svoje prirodne kristalne oblike. Za takve mineralne komponente kažemo da kristaliziraju idiomorfno. Oni predstavljaju najstarije sastojke magmatskih stijena. Za mineralne sastojke koji kristališu poslije i čija je kristalizacija omeđena, dijelom vlastitim a dijelom već formiranim kristalnim oblicima, kažemo da kristaliziraju hipidiomorfno.

Mineralni sastojci koji su kristalizirali posljednji u prostore između ranije iskristalisanih minerala i imaju sasvim neprirodne oblike razvili su se alotriomorfno ili ksenomorfno.

Tekstura stijene podrazumijeva način na koji je stijena ispunjena, odnosno prostorni raspored elemenata koji grade tu stijenu. Na teksturu stijene značajno utiču egzogeni i endogeni faktori koji djeluju u toku same kristalizacije stijenske mase. Ukoliko stijena ima homogen sklop, odnosno ako su sastojci koji grade stijenu ravnomjerno raspoređeni unutar nje, kažemo da stijena ima masivnu ili homogenu teksturu.

Za potrebe ispitivanja uticaja strukturne građe jablaničkog gabra na brzinu prostiranja longitudinalnih talasa pripremljeni su preparati za posmatranje u propuštenoj svjetlosti. Preparati su, dijamantskom pilom, rezani iz kupa koje su formirane nakon loma uzoraka.

Za svaki od preparata izrađene su mikrofotografije, dok je za odabrane karakteristične preparate sa savkog pojedinačnog majdana, izvršena determinacija strukturne građe mineraloško-petrografskih svojstava. Determinacija je izvršena na osnovu pregleda samog preparata, kao i analize mikrofotografija tog preparata.

Na osnovu opisa pojedinačnih uzoraka izvedeni su zaključci o mineraloško-petrografskim karakteristikama i strukturnoj građi za svaki majdan iz ležišta gabra u Jablanici.

Kod **majdana „Car“**, kvantitativni odnos salske i femske komponente je konstantan u svim uzorcima, a razlike u uzorcima se javljaju u vidu intenzivnih alteracija obojenih (femskih) minerala dok su dimenzije salskih minerala smanjene. Stijena je klasificirana kao augitsko-biotitski gabra, zrnaste strukture. Na pojedinim uzorcima vidljiva je intenzivnija opacitizacija biotita koja se odvija po rubovima, pri čemu se stvara magnetit i amfibolit, što dovodi do smanjenja čvrstoće veze među mineralnim zrnima. Također se primjećuje povećana koncentracija olivina grozdastog oblika. Olivin je ispucao a duž pukotina se pojavljuje serpentin. Isto tako, uočena je alteracija po rubu zrna augita, pri čemu se stvara uralit u vidu iglica, koji ima vrlo mala otporna svojstva. Plagioklasi u nekim uzorcima su ispucali, a promjene u vidu pojave pertita, koje su slabijeg intenziteta, nemaju značajnog uticaja na njih. U pojedinim uzorcima prisutno je ukrštanje zrna plagioklasa što utiče na promjene u brzini prostiranja longitudinalnih talasa.

Kod **majdana „Suljo Čilić“** riječ je o izuzetno krupnozrnatom gabru. Manje razlike između uzoraka sa ovog majdana javljaju se u kvantitativnom sadržaju bojanih minerala prvenstveno biotita, kao i u stepenu njihove alteracije. Iako su svi uzorci klasificirani kao krupnozrni gabra, postoje razlike u veličini zrna između opisanih uzoraka ovog majdana, tako da su pojedini uzorci klasificirani kao krupnozrniji gabra u odnosu na druge uzorke iz majdana „Suljo Čilić“. Alteracioni procesi su izraženi preko pojave alteracije augita u hlorit, opacitizacije biotita i pojave olivina u manjem procentu. Opacitizacija biotita napredovala je od ruba zrna ka centru. Plagioklasi u uzorku SČ-41 (224MPa) su zamućeni dok su augit i biotit potpuno alterisani što u uzorku stvara oslabljene zone koje utiču na čvrstoću na pritisak uzorka. Također, pored alteracija bojanih minerala, manje razlike se javljaju i u stepenu alteracije plagioklasa.

Na osnovu analiza preparata sa **majdana „Velja stijena“** može se zaključiti da je riječ o krupnozrnatom gabru, gabrovske strukture, a razlike između uzoraka sa ovog majdana javljaju u nekim morfološkim odlikama kao što je krupnozrnost i ujednačenost deponovanih kristala. U svim uzorcima sa majdana „Velja stijena“ postoji velika sličnost u kvantitativnom pogledu zastupljenosti minerala, dok se razlike javljaju u većem stepenu alteracija minerala prisutnih u uzorcima što utiče na vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak tih uzoraka. Kao alteracije su uočene uralitizacija, opacitizacija i hloritizacija što značajno smanjuje čvrstoću. U nekim uzorcima, usljed silifikacije, dolazi do deponovanja opala koji u ovom slučaju djeluje kao cement između zrna što učvršćuje njihovu vezu i utiče na promjenu brzine prostiranja longitudinalnih talasa.

Razlike među uzorcima gabra iz **majdana „Padešnica“** očituju se u promjeni krupnoće zrna između salskih i femskih minerala, razlikama u zastupljenosti pojedinih bojanih minerala, kao i u različitom stepenu alteracije biotita i drugih obojenih minerala. Razlike se javljaju i u veličini zrna feldspatske osnove (plagioklasa), a kod jednog od uzoraka povećan je i sadržaj olivina. Struktura stijene ovog majdana je gabrovska, dok su svi uzorci klasificirani kao gabra (biotitsko-augitski gabra, gabra, krupnozrni gabra). U nekim uzorcima plagioklasi su svježiji i međusobno se ukrštaju. Zbog uticaja navedenih procesa alteracija dolazi do slabljenja veza među zrnima, pri čemu se mijenja brzina prostiranja longitudinalnih talasa.

Uzorci iz majdana **„Padešnica crna“** klasificirani su sitnozrni do srednjezrni gabra, što znači da postoji razlika između veličine minerala koji grade gabra iz ovog majdana i minerala koji grade gabra u drugim majdanima ležišta gabra Jablanica. Razlike među uzorcima iz ovog majdana javljaju se u zastupljenosti pojedinih bojanih minerala, prvenstveno biotita.

Na osnovu mineraloško-petrografskih analiza pojedinih majdana, ležišta gabra Jablanica utvrđeno je da, ispitani uzorci sa svih majdana pripadaju magmatskoj stijeni gabra. Svi uzorci imaju gabrovsku (alotriomorfno zrnastu) strukturu. Između uzoraka nema značajnih odstupanja u pogledu mineraloškog sastava, odnosno, minerali nađeni u uzorcima su tipični za stijenu gabra. Razlike između pojedinih uzoraka sa istog majdana javljaju se u pogledu strukturne građe, odnosno međusobne raspodjele, oblika i načina srastanja pojedinih minerala koji grade taj uzorak. Svi uzorci izgrađeni su od mineralnih zrna različite veličine koji su međusobno vezani na različite načine. Neka od mineralnih zrna se međusobno dodiruju a neka ukrštaju i zalaze jedni u druge. Razlike se javljaju u različitom stepenu alteracije i dimenzijama zrna plagioklasa. Stepenu i način alteracije bojenih minerala je različit kod pojedinih uzoraka iz istog majdana i utiče na međusobne veze tih minerala sa okolnim mineralima. U ispućalim zonama plagioklasa ili u međuprostorima, kao vezivo, mogu se pojaviti bojeni minerali koji nepovoljno utiču na strukturnu građu. Razlika u strukturnoj građi između pojedinih majdana je, pored prisustva, rasporeda, stepena alteracije obojenih minerala, i u veličini zrna svih minerala koji grade uzorak, što se može zaključiti i iz petro determinacija. Pojedini uzorci su u petro determinacijama klasificirani kao krupnozrni a neki kao sitnozrni i srednjevzrni gabra. Sve ove razlike, utiču na brzinu prostiranja longitudinalnih talasa u ispitanim uzorcima.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu analiza svih provedenih mjerenja i analiza može se zaključiti da, strukturna građa značajno utiče, ne samo na raspodjelu nego i na kvantitativne vrijednosti brzine prostiranja longitudinalnih talasa. Kod varijeteta sa izraženom folijacijom, orijentacija zrna utiče na brzine talasa. Ukoliko se talasi kreću paralelno folijaciji, njihove brzine su veće u odnosu na talas koji se kreću okomito na folijaciju. Prilikom promjene ugla između generalne orijentacije zrna i pravca prostiranja longitudinalnih talasa, dolazi i do promjene brzina tih talasa. Pojava manjeg ili većeg broja zrna čija orijentacija odstupa od generalne orijentacije zrna, dovodi do većeg ili manjeg rasipanja rezultata mjerenja. Sam način povezanosti zrna odnosno, da li se zrna samo dodiruju ili se međusobno ukrštaju, u mnogome doprinosi promjeni brzine talasa. Promjena veze između mineralnih zrna, usljed različitog stepena alteracije pojedinih mineralnih zrna, kao i različit raspored alteracionih zona unutar ispitivanih uzoraka utiče na promjenu brzine prostiranja longitudinalnih talasa. Veličina zrna koji grade uzorak, uzrok je promjene raspodjele mjerenja na histogramima za pojedine majdane, odnosno promjene brzine kretanja longitudinalnih talasa kroz sredine sa različitom veličinom zrna.

Zbog svega navedenog, vrijednosti brzina longitudinalnih talasa posljedica su uticaja svakog pojedinačnog ili sumarno dva ili više uticajnih faktora, karakterističnih za svaki varijetet jablaničkog gabra i unutar izdvojenog varijeteta gabra, orijentacije uzorka u odnosu na pravac prostiranja longitudinalnih talasa.



## LITERATURA

1. B.B. Standardi, B.B8.012/1987., B.B8.121/1990., B.B8.032/1980
2. Bilbija N., (1984), TEHNIČKA PETROGRAFIJA, Svojstva i primjene kamena, Beograd
3. Čičić S., Pamić J., (1987), GEOLOGIJA BOSNE I HERCEGOVINE, Magmatizam i Metalogenija, Sarajevo
4. Knežević V., Đorđević P., (1976), OSNOVI PETROLOGIJE, Stalni udžbenik, ICS, Beograd
5. Jovović M., Jovović N., (2008), Personalna komunikacija, Beograd, Tuzla
6. Marić L., (1951), SISTEMATSKA PETROGRAFIJA, Školska knjiga, Zagreb
7. Marić.L., (1951), PETROGRAFIJA za studente arhitekture, građevinarstva i likovne i primjenjene umjetnosti, Školska knjiga, Zagreb
8. Mandžić E., (1999), MEHANIKA STIJENA, autorizovana predavanja- RGGF, Tuzla
9. Pamić J., (1996), MAGMATSKE FORMACIJE DINARIDA VARDARSKE ZONE I JUŽNIH DIJELOVA PANONSKOG BAZENA, Zagreb

# MOGUĆNOST OTVARANJA LOKALNIH IZVORIŠTA NA PODRUČJU OPŠTINE ČELINAC NA PRIMERU GORNJA I DONJA JOŠAVKA

Milijko Lazić<sup>14</sup>, Daniela Maksimović<sup>1</sup>, Branimir Lazić<sup>15</sup>

## Abstrakt

## Uvod

Na teritoriji Opštine Čelinac u MZ Donja i Gornja Jošavka je otežano vodosnabdevanje zbog razuđenosti naselja kao tipičnog planinskog sela, zatim zbog nedostataka dovoljnih količina voda sa prirodnih izvora i udaljenosti naselja od sedišta Opštine na kojem se nalazi vodovodna mreža priključena na banjalučki vodovod. Zbog problema u vodosnabdevanju na ovoj teritoriji potrebno je razmotriti hidrogeološke karakteristike terena i pronaći mogućnosti otvaranja lokalnih izvorišta na području Opštine Čelinac.

## Cilj rada

Analizom podataka ranijih geoloških i hidrogeoloških istraživanja procenjeno je da se u zoni ušća rečice Jelovača u reku Jošavku u okviru rasprostranjenja gornjetrijaskih krečnjaka mogu zahvatiti dovoljne količine podzemnih voda, kojima bi se zadovoljile potrebe stanovništva Mesnih zajednica Gornja i Donja Jošavka. Ukoliko se predloženim istražnim hidrogeološkim radovima budu konstatovale povoljne hidrogeološke karakteristike gornjejurske krečnjačke mase u pogledu karstifikacije i dubljeg zaleganja krečnjaka, uz povoljne uslove prihranjivanja karstne izdani, moguće je očekivati i znatno veće količine voda koje bi se mogle distribuirati u druge delove područja Opštine Čelinac za potrebe vodosnabdevanja domaćinstava ostalih Mesnih zajednica.

## Metode

Nakon terenskog uvida i prikupljanja podataka o geologiji terena i njegovim hidrogeološkim karakteristikama procenjeno je da se iskazane potrebe za vodom stanovništva MZ Donja i Gornja Jošavka mogu uspešno rešiti zahvatanjem podzemnih voda iz trijaskih krečnjaka u zoni između mesnih zajednica. Da bi se to potvrdilo potrebno je izvesti geoelektrična ispitivanja terena u zoni rasprostranjenja krečnjaka u dolini potoka Jelovače, od seoske crkve, do ušća u reku Jošavku. Nakon izvedenih geoelektričnih istraživanja i obradom dobijenih rezultata određiće se najperspektivnija lokacija na kojoj će se izvesti istražna bušotina, i u slučaju procene povoljnih rezultata istražno-eksploatacioni bunar.

## Rezultati

Shodno hidrogeološkim uslovima terena i rezultatima geoelektričnih ispitivanja, rešenja vodosnabdevanja se zasnivaju na izradi najmanje jedne istražne bušotine dubine 100 m. Na osnovu rezultata istražnog bušenja preciziraće se konstrukcija istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-1/2003. Predlažu se dva varijantna rešenja.

---

<sup>14</sup> Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, Đušina 7, Beograd

<sup>15</sup> Hidrogeocentar, Save Kovačevića 63, Leštane

Prvi predlog je da, ukoliko se istražnom bušotinom dobiju očekivani povoljni rezultati, se ista u kontinuitetu izvede u eksploatacioni objekat dubine 100 m. Ukoliko se istražnom bušotinom potvrdi da su dublji delovi krečnjačke mase slabo karstifikovani, u tom slučaju dubina bunara će se korigovati i svesti na dubinu, najverovatnije, do 50 m. Polazeći od činjenice da je za vodosnabdevanje stanovništva MZ Donja i Gornja Jošavka potrebno 2-3 l/s, ne bi trebalo da bude većih problema da se obezbede navedene količine izradom bunara do dubine 50 m. Ovo otvara mogućnost izrade i drugog bunara na lokaciji iza železničkog mosta na reci Jelovači, kao veoma perspektivnoj lokaciji. Ovim drugim bunarom dubine 50 m zahvatile bi se dodatne količine voda za vodosnabdevanje ostalih Mesnih zajednica, prema Čelincu, koje nisu obuhvaćene vodosnabdevanjem.

Predviđena geoelektrična ispitivanja su izvedena i utvrđene su perspektivne lokacije gde su izvedene dve bušotine kojima se utvrdilo da postoje pozitivni rezultati za otvaranje novih izvorišta na području Donje i Gornje Jošavke i uopšte na području Opštine Čelinac.

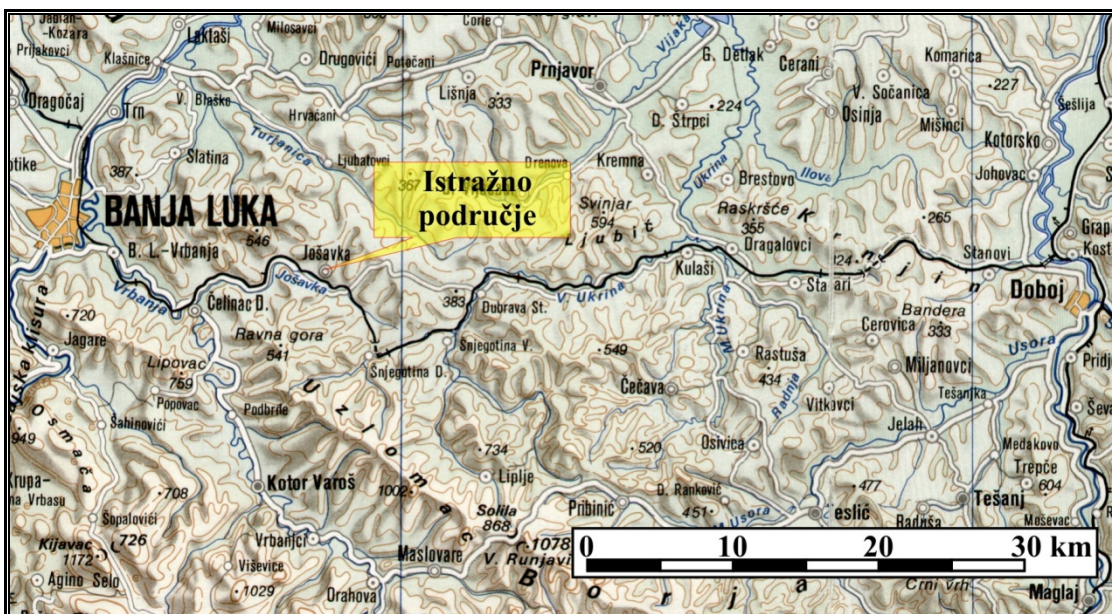
### **Zaključak**

Nakon svih hidrogeoloških istraživanja, geoelektričnih ispitivanja i izvedenih istražnih radova došlo je do izrade dve bušotine kojima je utvrđeno da postoji mogućnost otvaranja novih izvorišta na području Donje i Gornje Jošavke i na teritoriji Opštine Čelinac uopšte.

**Ključne reči:** hidrogeologija, krečnjaci, bunar, vodosnabdevanje

### **1. Opšte karakteristike područja Opštine Čelinac**

Područje Mesnih zajednica Gornja i Donja Jošavka se nalazi istočno od Čelinca, kao sedišta opštine, na udaljenosti od oko 6 km asfaltnim putem za donju Snjegotinu, ili prugom prema Doboju (slika 1). Ove dve saobraćajnice su, ujedno, najglavnije, kojima se istražni teren vezuje za Čelinac i dalje za Banja Luku, a u drugom pravcu prema Doboju. Mesne zajednice Gornja i Donja Jošavka su formirane uz glavni rečni tok - reku Jošavku, koja od istoka teče ka zapadu, prema Čelincu i predstavlja glavni dren sa gustom mrežom stalnih i povremenih tokova levih i desnih pritoka. Jedan od značajnijih je, svakako, stalan tok rečice Jelovače, koja se javlja kao desna pritoka Jošavke sa ušćem upravo između Gornje i Donje Jošavke u čijem slivu se nalazi krečnjačka masa gornjeg trijasa. Delovi tokova Jelovače i Jošavke na ovom delu terena teku direktno preko krečnjaka, što predstavlja povoljnost u pogledu prihranjivanja izdani u okviru krečnjačke mase. U slivnom području Jošavke tereni su brdsko-planinskog karaktera sa jako razvijenom drenažnom mrežom. Kote terena u široj okolini iznose i preko 400-450 m.



*Slika 1. Geografski položaj područja istraživanja*

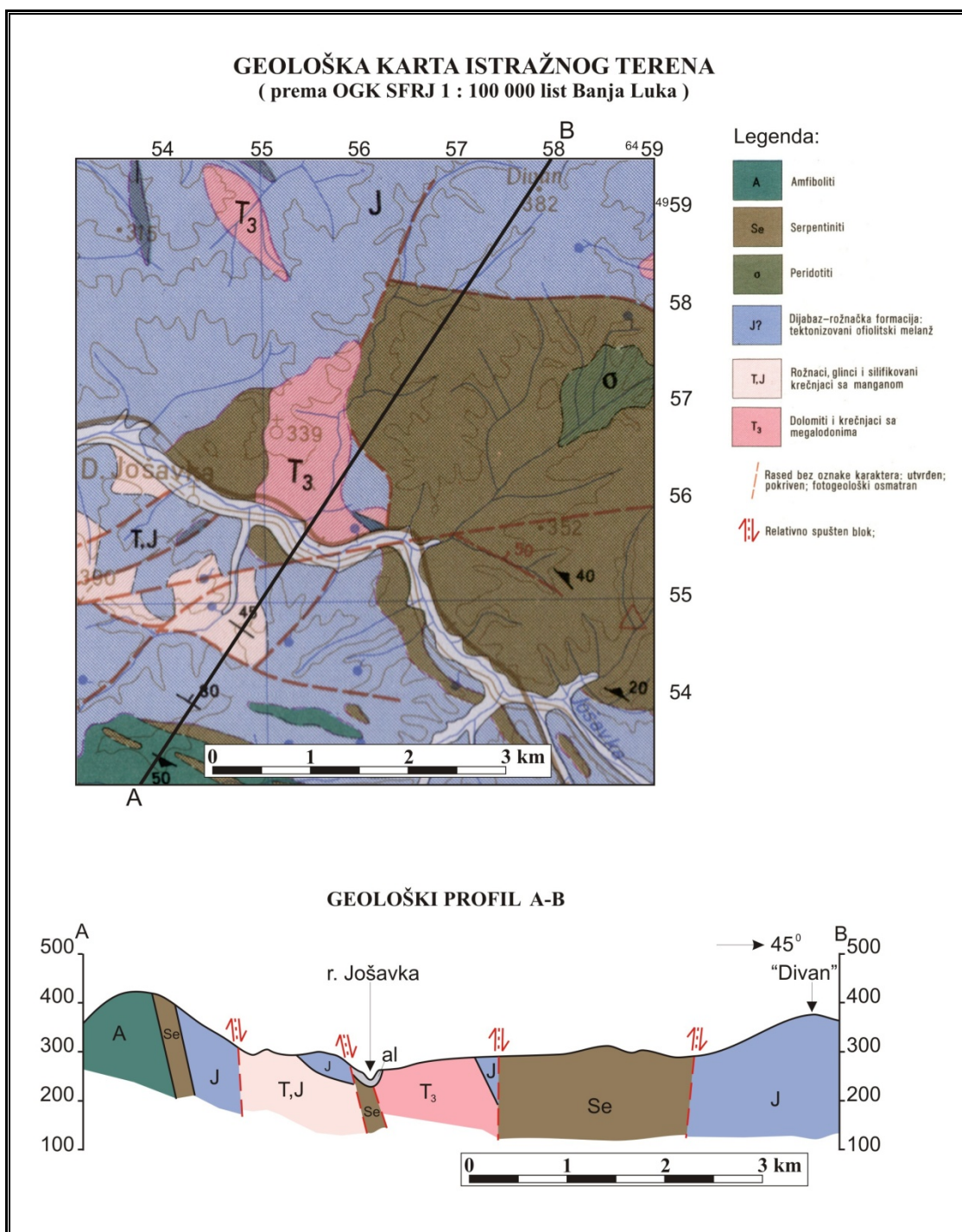
## 2. Opšte geološke i hidrogeološke karakteristike terena

Područje istraživanja se odlikuje veoma složenom geološkom građom terena. Na slici 2 prikazana je geološka karta istražnog terena u razmeri 1:50000, koja, u stvari, predstavlja segment OGK SFRJ 1:100000 list Banja Luka, pored karte dat je i prikaz geološkog profila.

Najstarije stenske mase na području istraživanja, odnosno u široj okolini Gornje i Donje Jošavke predstavljene su **trijasko-jurskom (TJ)** serijom rožnaca i silifikovanih krečnjaka sa manganom koje su otkrivene na površini terena u južnim i jugozapadnim obodnim delovima terena Gornje i Donje Jošavke. Ove stene čine podinu dijabaz-rožnačkoj formaciji **jurske starosti (J)** sa jednim olistolitom gornjejurske starosti karbonatnog sastava, koji je, ujedno, glavni litostratigrafski član. Dijabaz-rožna formacija jurske starosti (J) predstavlja najzastupljeniju hronostratigrafsku jedinicu, koju izgrađuje ofiolitski melanž različitih vrsta stenskih masa, u okviru kojih dominiraju peščari, glinci, rožnaci, serpentiniti, peridotiti, gabro, amfiboliti, dijabazi, spiliti i slične stene. Poligenetski paket navedenih sedimenata čini jedinstvenu, tektonski izuzetno složenu strukturu, jasno određenih tektonskih granica. Debljina im se procenjuje na više od 1000 m.

Najinteresantniji litološki član u geološkom stubu istražnog terena su, svakako, krečnjaci **gornjeg trijasa (T<sub>3</sub>)** za koje autori OGK SFRJ list Banja Luka navode da, praktično, čine jedan krupan olistolit u dijabaz-rožnačkoj formaciji. Krečnjaci su otvoreni na površini terena u zoni ušća rečice Jelovače u reku Jošavku u zoni Mesnih zajednica Gornja i Donja Jošavka, na površini od oko 2.5 km<sup>2</sup>. Ovi krečnjaci su najznačajniji sa aspekta formiranja karstnog tipa izdani sa značajnim količinama podzemnih voda. Debljina olistolita procenjuje se na preko 100 m, što je dokazano i geoelektričnim ispitivanjima.

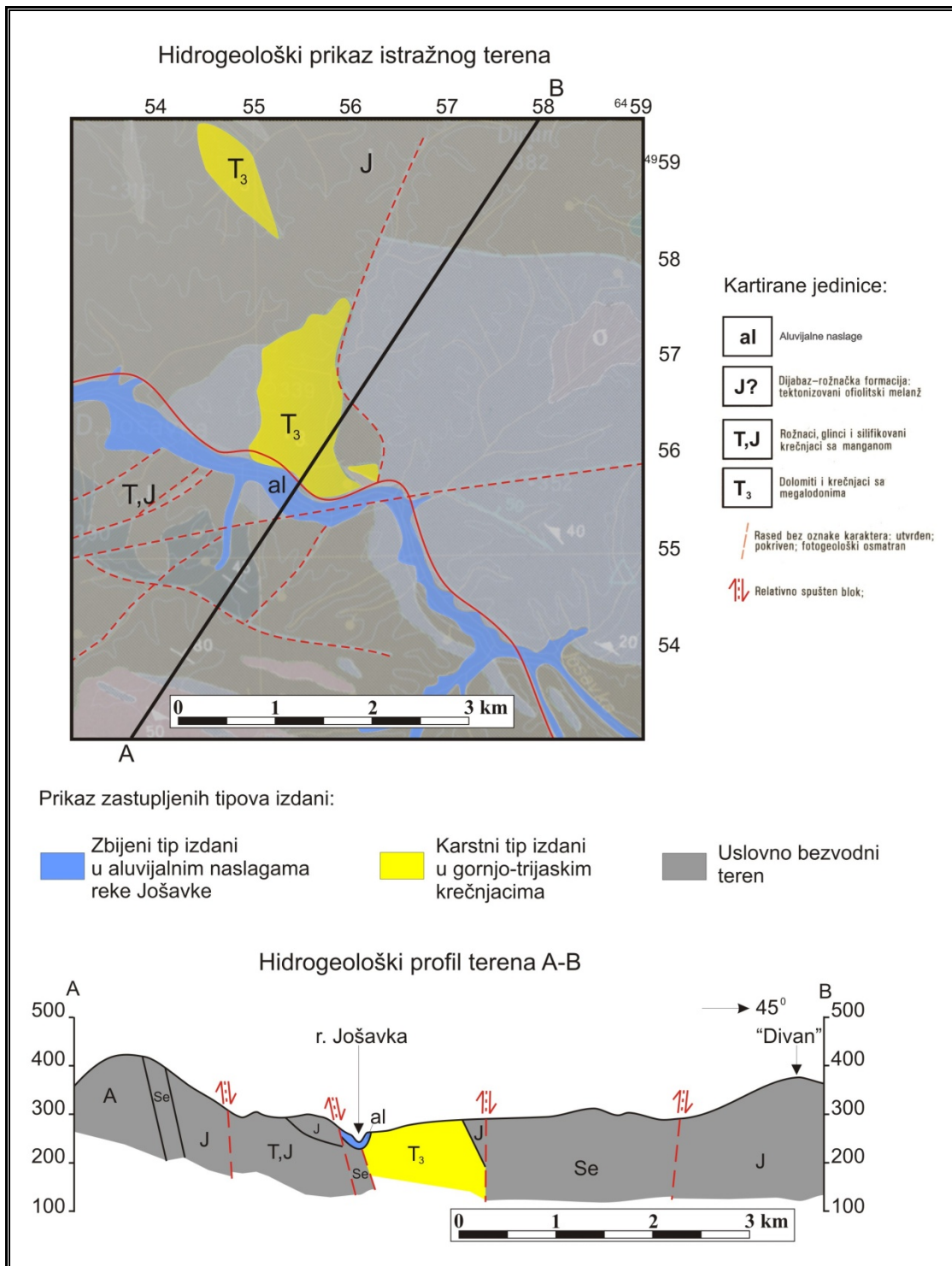
Najmlađi litološki član na istražnom terenu je kvartarne starosti, a predstavljen je aluvijalnim naslagama reke Jošavke i njenih pritoka. Ovi sedimenti nemaju većeg hidrogeološkog značaja.



**Slika 2. Geološka karta i geološki profil terena**

Na istražnom području zastupljeno je više tipova izdani čiji je prikaz dat na hidrogeološkoj karti i hidrogeološkom profilu (slika 3):

- Zbijeni tip izdani u aluvijalnim naslagama reke Jošavke
- Karstni tip izdani u gornjo-trijaskim krečnjacima
- Uslovno “bezvodni” delovi terena



**Slika 3. Hidrogeološka karta i hidrogeološki profil terena**

**Zbijeni tip izdani u aluvijalnim naslagama reke Jošavke** formiran je u okviru aluvijalnih naslaga grubozrnih šljunkova i peskova i kamenih blokova. Ovaj tip izdani nema većeg hidrogeološkog značaja.

**Karstni tip izdani u gornjo-trijaskim krečnjacima** se formira u okviru krečnjaka i dolomita gornjeg trijasa koji se javljaju kao dobri nosioci podzemnih voda. U okviru krečnjaka se izdvajaju 3 zone. Prva zona, ili intenzivno ispućala i karstifikovana zona je od površine do dubine od oko 5-7 m i u ovoj zoni se očekuje intenzivnija cirkulacija podzemnih voda. Druga zona (debljine 10-12 m) je takođe ispućala, ali sa zapunom gline u kojoj se odvija znatno smanjena cirkulacija podzemnih voda. Treća zona predstavlja zonu kompaktnih krečnjaka do znatne dubine. Preko krečnjačke serije protiču dva stalna toka, što obezbeđuje dobre i stalne uslove prihranjivanja izdani. Zbog nepoznavanja stepena karstifikacije i relativno malog rasprostranjenja, treba očekivati skromne mogućnosti u pogledu količina voda, ali ipak dovoljne količine voda za rešavanje problema vodosnabdevanja.

**Uslovno “bezvodne” delove terena** čini dijabaz-rožnačka formacija, glinci i silifikovani krečnjaci sa manganom, peridotiti, amfiboliti u kojima je veoma mala mogućnost akumuliranja podzemnih voda.

### **3. Prikaz izvedenog stanja**

Mesne Zajednice Gornja i Donja Jošavka su formirane uz glavni rečni tok - reku Jošavku, koja od istoka teče ka zapadu, prema Čelincu i predstavlja glavni dren sa gustom mrežom stalnih i povremenih tokova levih i desnih pritoka. Ovo je veoma važno zbog prihranjivanja izdani i izdašnosti bunara. Upravo tereni oko ušća Jelovače u Jošavku su određeni za lokaciju budućeg izvorišta vodovoda (slika 4). Izvorište je zaštićeno i relativno slabo naseljeno u zaleđu što je dobar preduslov za kvalitetnu zaštitu podzemnih voda od zagađivanja.

Shodno hidrogeološkim uslovima terena i rezultatima geoelektričnih ispitivanja, projektna rešenja su zasnovana na izradi najmanje dve istražne bušotine dubine oko 100 m, čije su mikrolokacije određene na desnoj obali reke Jelovače oko 200 m od ušća u Jošavku. Druga mikrolokacija je na levoj obali Jelovače na oko 80 m od ušća u Jošavku, odmah iza železničkog mosta. Na lokaciji drugog bunara nisu mogla biti izvedena geoelektrična ispitivanja zbog blizine pruge i elektro vodova, i nerealnih podataka, što bi moglo da ima za posledicu izvođenje pogrešnih zaključaka o geološkoj i hidrogeološkoj građi terena.

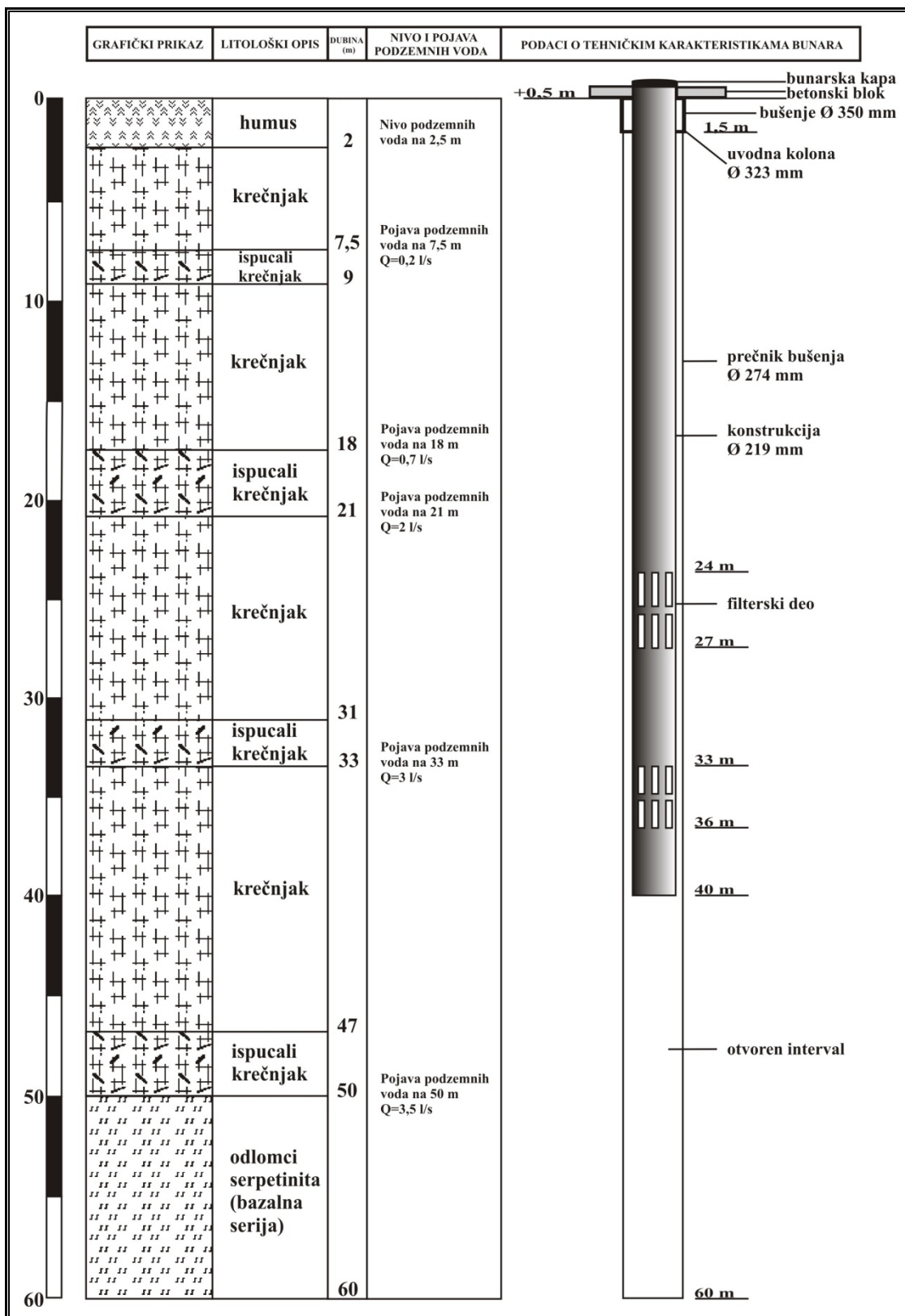
Prilikom izvođenja istražno-eksploatacionih bunara IEBJ-1/2003 i IEBJ-2/2003 došlo je do korigovanja projektovanih dubina bunara.



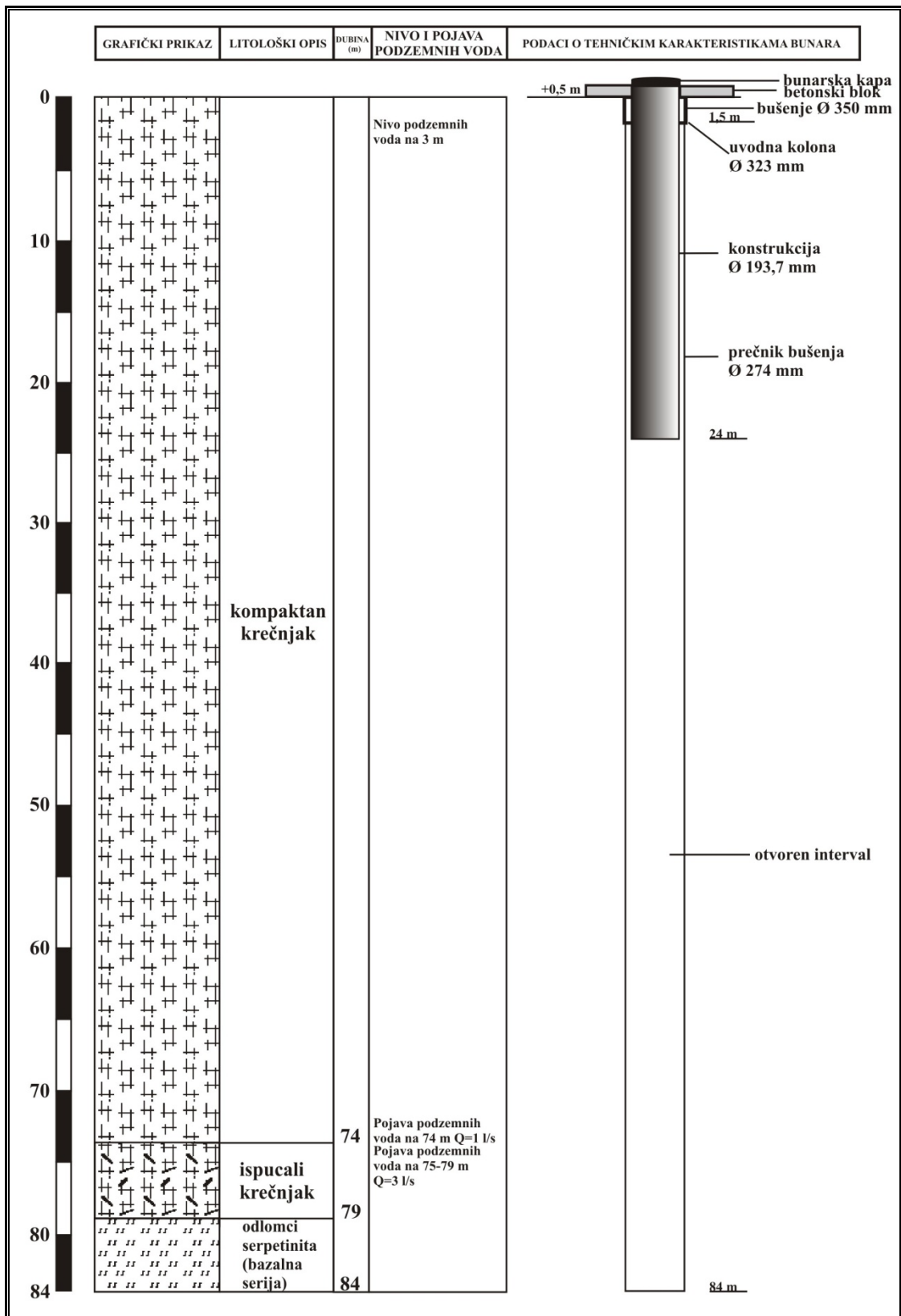
**Slika 4. Lokacija istražno-eksploatacionih bunara IEBJ-1/2003 i IEBJ-2/2003**

Projektom je bila predviđena dubina prve bušotine 100 m, ali izradom iste dubina je korigovana na 60 m i na osnovu dobijenih rezultata ista je proširena i opremljena bunarskom konstrukcijom te je na taj način pretvorena u istražno-eksploatacioni bunar IEBJ-1/2003. Istražna bušotina prečnika  $\varnothing$  165 mm, proširena je na prečnik  $\varnothing$  350 mm u intervalu od 0-1,5 m i ugrađena je uvodna kolona  $\varnothing$  323 mm. Zatim je bušotina dalje proširena do dubine 60 m na prečnik  $\varnothing$  274 mm. Od + 0.5 m do 40 m dubine ugrađena je čelična konstrukcija  $\varnothing$  219 mm, i to sa perforacijama cevi u intervalima u kojima je registrovan priliv voda. Ukupna dužina perforiranih intervala iznosi svega 6 m i to od 24-27 m, i 33-36 m. Ispod 40 m dubine bušotine je otvorena za nesmetani priliv podzemnih voda. Izradom istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-1/2003 dobijena je izdašnost od 3-3,5 l/s. Litološki profil i konstrukcija istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-1/2003 prikazani su na slici 5.





**Slika 5. Litološki profil i konstrukcija istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-1/2003**



*Slika 6. Litološki profil i konstrukcija istražno-eksploatacionog bunara*

## ***IEBJ-2/2003***

Nakon izrade istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-1/2003 procenjeno je da se može pristupiti izradi i drugog bunara IEBJ-2/2003 i da se time obezbedi sigurnost u izdašnosti, u najsušnijim periodama godine s jedne i mogućnosti proširenja broja potrošača i na susedne Mesne Zajednice s druge strane. Projektovana dubina drugog bunara je bila oko 50 m, ali prilikom izrade istražne bušotine shodno litološkom profilu koji je utvrđen prilikom bušenja, krajnja dubina istražne bušotine je 84 m, koja je nakon proširenja i opremanja bunarskom konstrukcijom pretvorena u istražno-eksploatacioni bunar IEBJ-2/2003. Istražna bušotina prečnika Ø 165 mm, proširena je na prečnik Ø 350 mm u intervalu od 0-1,5 m i ugrađena je uvodna kolona Ø 323 mm. Zatim je bušotina dalje proširena do dubine 84 m na prečnik Ø 274 mm. Od + 0.5 m do 24 m dubine ugrađena je čelična konstrukcija Ø 193,7 mm, bez filtra. Ispod 24 m dubine bušotine je otvorena za nesmetani priliv podzemnih voda. Izdašnost istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-2/2003 je oko 3 l/s, što ukupno sa prvim bunarom iznosi min 6 l/s za buduću eksploataciju. Litološki profil i konstrukcija istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-2/2003 prikazani su na slici 6.

### **4. Kvalitet vode**

Tokom izrade bunara urađena su određena ispitivanja na uzorcima vode. Uzorkovanje vode iz istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-1/2003 izvršeno je za izradu skraćenih i kompletnih hemijskih analiza. Uzorkovanje za skraćene analize vršeno je po sledećem postupku: po jedan nakon prvog i drugog sniženja. Na kraju crpenja uzet je uzorak za kompletnu hemijsku analizu. Ovom prilikom nije uzet uzorak za bakteriološku analizu. Ove hemijske analize su preliminarnog karaktera.

Na osnovu skraćenih i kompletne hemijske analize vode su po osnovnom sastavu hidrokarbonatno-kalcijско-magnezijske sa mineralizacijom od 0,234-0,412 gr/l. Svi uzorci su uzeti 12-14.12.2003. godine pri opitu crpenja kada još nije postignuta potpuna čistoća voda tako da se rezultati analize prema fizičkim osobinama mogu smatrati preliminarnim jer je neophodna dodatna razrada bunara pre uključenju istog u eksploataciju.

Sadržaj hidrokarbonata je konstantan u količinama od 254 mg/l kod prvog sniženja do 266 mg/l na kraju testa. To ukazuje na neznatne promene što može da bude i rezultat sistematske greške u određivanju ili pak u stvarnom sastavu voda, ali u svakom slučaju ocenjuje se kao neznatne promene. Isto tako se može reći za ostale makrokomponente. Sadržaj kalcijuma se kreće od 60 mg/l kod prvog sniženja do 61 mg/l na kraju testa. Magnezijum se kreće u količinama od 20 mg/l na kraju prvog sniženja do 22 mg/l na kraju testa crpenja.

Što se tiče fizičkih osobina vode su slabo žute, slabo mutne i bez mirisa. pH vrednost se kreće od 6,9 na kraju prvog sniženja do 7,2 na kraju testa crpenja.

Što se tiče hemijskog sastava može se oceniti da se radi o vodama sa povoljnim hemijskim sastavom za piće, ali po fizičkim osobinama, jasno se nameće zaključak da se radi o vodama koje još nisu dovoljno bistre što upućuje da je neophodno još razrađivati bunar i pre uključenja u eksploataciju postići potpunu bistroću voda i uraditi ponovljenu kompletnu analizu. Očekivanje je da neće biti značajnijih razlika u tom smislu.

Prilikom razrade istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-2/2003 radom kompresora je izbacivana permanentno mutna voda, a trajanje razrade je vršeno najmanje tri dana po 8 časova. Nije postignuta dovoljna čistoća vode jer je dolazilo do potpunog zamućenja pri svakom ciklusu kompresiranja. Ovakve situacije su skoro redovne u karstu kao nosiocu podzemnih voda. Naravno, zbog nastale situacije nije bilo moguće izvesti test crpenja kao i izradu hemijskih analiza voda i bakteriološkog sastava. Na osnovu rezultata hemijskih analiza na bunaru IEBJ-1/2003 ne bi trebalo očekivati značajnija odstupanja u pogledu hemijskog sastava podzemnih voda. Neophodno je pristupiti dugotrajnoj razradi bunara i izradi odgovarajućih analiza.

## 5. Zaključak

Izvedeni radovi tj. izrada dva istražno-eksploataciona bunara IEBJ-1/2003 i IEBJ-2/2003 u zoni ušća reke Jelovače u Jošavku i otvaranjem izvorišta budućeg vodovoda je veoma značajno po pitanju vodosnabdevanja ne samo za MZ Donja i Gornja Jošavka, već uopšte za područje Opštine Čelinac. Izradom prvog istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-1/2003 dubine 60 m dobijena je količina vode od 3-3,5 l/s. Izradom drugog istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-2/2003 dubine 84 m zahvaćene su količine vode od oko 3 l/s. Na primeru Donje i Gornje Jošavke je utvrđeno da postoji mogućnost otvaranja lokalnih izvorišta na području Opštine Čelinac i dokazana je eksploataciona mogućnost budućeg izvorišta u količinama od minimum 6 l/s čime se omogućava snabdevanje značajnog broja potrošača.

Na osnovu hemijske analize preliminarnog karaktera zaključuje se da se radi o vodama izuzetno dobrog kvaliteta koje ispunjavaju potrebne zahteve iz važećeg pravilnika o kvalitetu voda za piće. Ova konstatacija će definitivno biti potvrđena izradom analiza hemijskog i bakteriološkog sastava neposredno pre uključenja u eksploataciju.

## Literatura:

1. Grupa autora, 1977: OGK 1:100 000 list Banja Luka, SGZ, Beograd
2. Lazić M. i S. Miftar, 2003: Projekat istražno-eksploatacionog bunara IEBJ-1/2003 za vodosnabdevanje MZ Donja i Gornja Jošavka (SO Čelinac-Republika Srpska), Coproing d.o.o., Beograd
3. Lazić M. i Seljamović M., 2003: Izveštaj o izvedenim hidrogeološkim radovima na izradi istražno-eksploatacionih bunara IEBJ-1/2003 i IEBJ-2/2003 u MZ Donja i Gornja Jošavka (SO Čelinac-Republika Srpska), Coproing d.o.o., Beograd

# SPECIFIČNI UTICAJI INŽENJERSKO GEOLOŠKIH PROCESA NA STABILNOST OBJEKATA IZNAD TUZLANSKOG SONOG LEŽIŠTA

Mr.sc.Toni Nikolić, dipl.ing.geol.

Prof.Dr.David Bluashvili, Georgian Technical University, Tibilisi (Georgia)

**Ključne riječi:** deformacije, konsolidacija, frakture, soni masiv, geologija, objekti.

## REZIME

Usled eksploatacije soli u Tuzli, nastale su specifične deformacije na površini terena nastale uslijed slijeganja (konsolidacije) tla. U određenim zonama iste su uzrokovale potpuno rušenje objekata, dok su u drugoj izazvale samo deformacije, odnosno u trećoj tonjenje, ali ne i narušile stabilnost konstrukcije objekta. Preko centralne zone deformacija upoređeni su geološki i geofizički profil na istom potezu sa ponašanjem tla i objekata iznad. Uključivši u analizu i GPS podatke o slijeganju terena, došli smo do zaključka da imamo više geoloških zona uticaja tj. prva zona, zona vertikalnih pomaka, sa malim ili beznačajnim horizontalnim pomacima, gdje su objekti imali vertikalni pomak, bez značajnijeg uticaja na stabilnost konstrukcije objekata. Druga zona, ili među zona sa nešto većim horizontalnim pomacima, goje su izazvale frakture na terenu i uticale na vertikalnost objekata i treća zona, zona kontakta sa stabilnim tlom, zone gdje je došlo do smicanja i rušenja čitavog niza objekata. Ova pojava može se vezati za uticaj depresionog lijevka, kao i za samu strukturu terena. Na mjestima gdje je podtlo ispod objekata bilo fleksibilno, objekti su pretrpili manje deformacije, za razliku od objekata gdje je podtlo bilo kruto i relativno u istoj mjeri prenosilo na objekat deformacije koje su se dešavale u strukturama ispod površine.

**Key words:** deformation, consolidation, fracture, salt deposit, geology, objects.

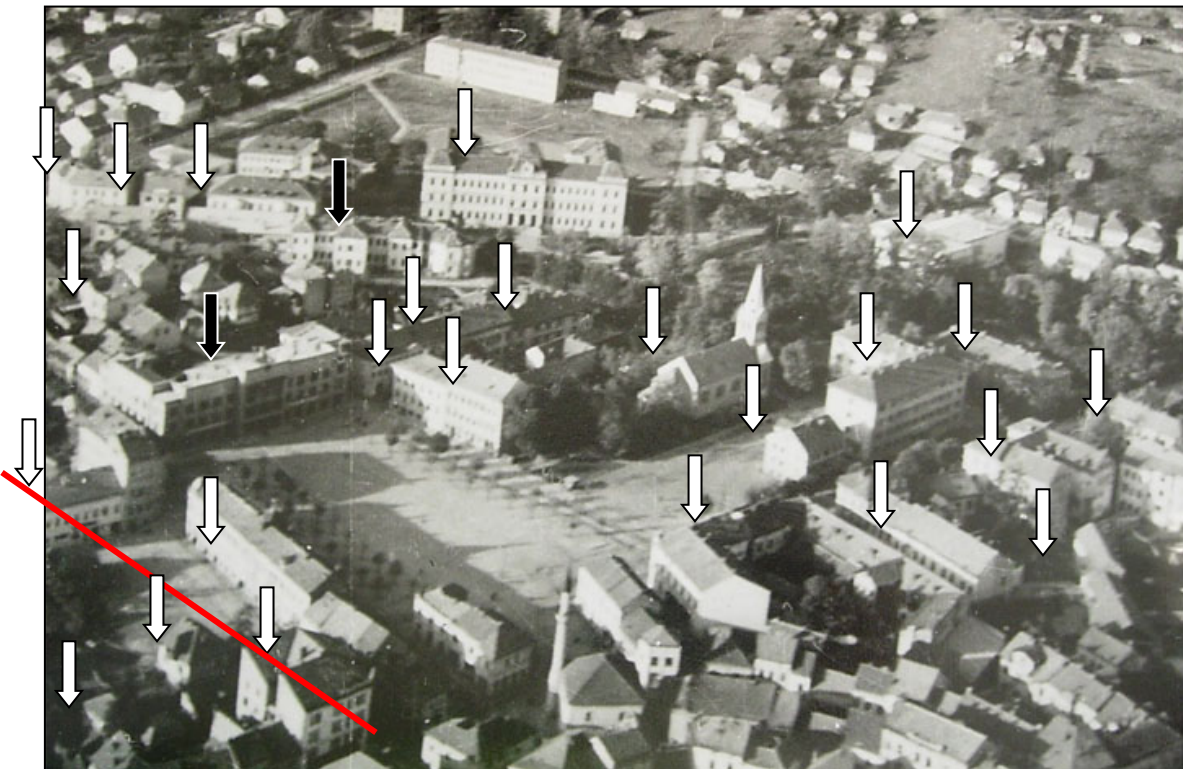
## THE SPECIFIC INFLUENCE ENGINEERING GEOLOGY PROCESS ON STABILITY OBJECTS ABOVE SALT DEPOSIT IN TUZLA

### ABSTRACT

Like after effect salt exploitation in Tuzla town arise specific deformation on surface like consequence sinking (consolidation) soil. In specific zone that process cause complete destroy objects, in other zone they cause just deformation, and in third one sinking, but they are not influence on stability on construction of object. Over central zone deformation was compared geological and geophysical profile made on same area, with prospecting influence on surface and object above. With include in analyze GPS data about sinking process, we conclude how we have few different geology zone of influence, that is, the first zone, zone vertical movement, with a small or inconsiderable horizontal movement. In that zone objects had vertical movement, without serious influence on stability of objects. Second zone, middle zone, with a bit bigger horizontal movement with a big horizontal movement, which made fracture on surface and wall inclination on objects. And third zone, zone contact with stabile soil, zone where was break, which had like after effect destroying a lot of objects. This process we can connect with influence depression slot and with soil structure. On area where is subsurface below object was flexible, like after effect object had small deformation, for a different where was subsurface was solid and relative in same velocity transfer deformation which is happened below surface on object.

## UVOD

Eksploatacija soli u Tuzli prouzrokovala je rušenje velikog broja objekata. Usljed deficita mase ispod površine terena uspostavljena je velika zona slijeganja, gdje je vršena konsolidacija tla. U ovisnosti od litoloških članova koji grade podtlo, tako se i ovaj proces manifestovao na površinu. Izazivajući na nekim mjestima potpuno rušenje objekata, u nekima deformacije konstrukcije, a u nekima samo velike vertikalne pomake. Sama geologija terena i načina na koji se vršila konsolidacija (kruto ili fleksibilno) uticala je na način utcaja. Intenzivni inženjersko geološki i hidrogeološki procesi koji su se odvijali u ovoj zoni znatno su uticali na stabilnost i promjenu reljefa u vrlo krakom periodu. Na osnovu dosadašnjih podataka mogu se prilično precizno odrediti uticajne zone „depressionog lijevka“ na stabilnost objekata na površini terena. Postojanje praznih prostora i labilnih zona dokazuju geofizička mjerenja koja su izvršena na osmatranoj lokaciji.



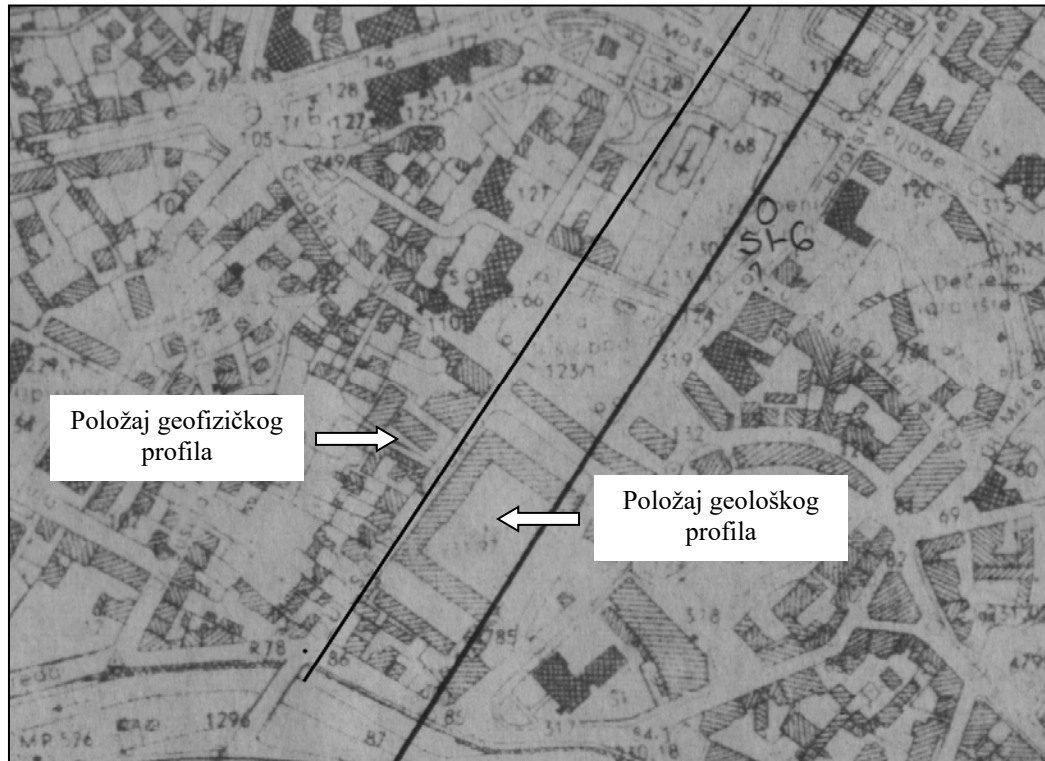
Slika 1. Fotografija iz 1960. godine, posmatrane cjeline sa označenim objektima koji su porušeni (bijeले strelice) i objekata koji su u ruševnom stanju (crne strelice); Crvena linija označava krajnje granice uticaja, gdje je nastao veliki lom vidljiv na površini terena.

### Geološko-tektonske osobine posmatrane lokacije

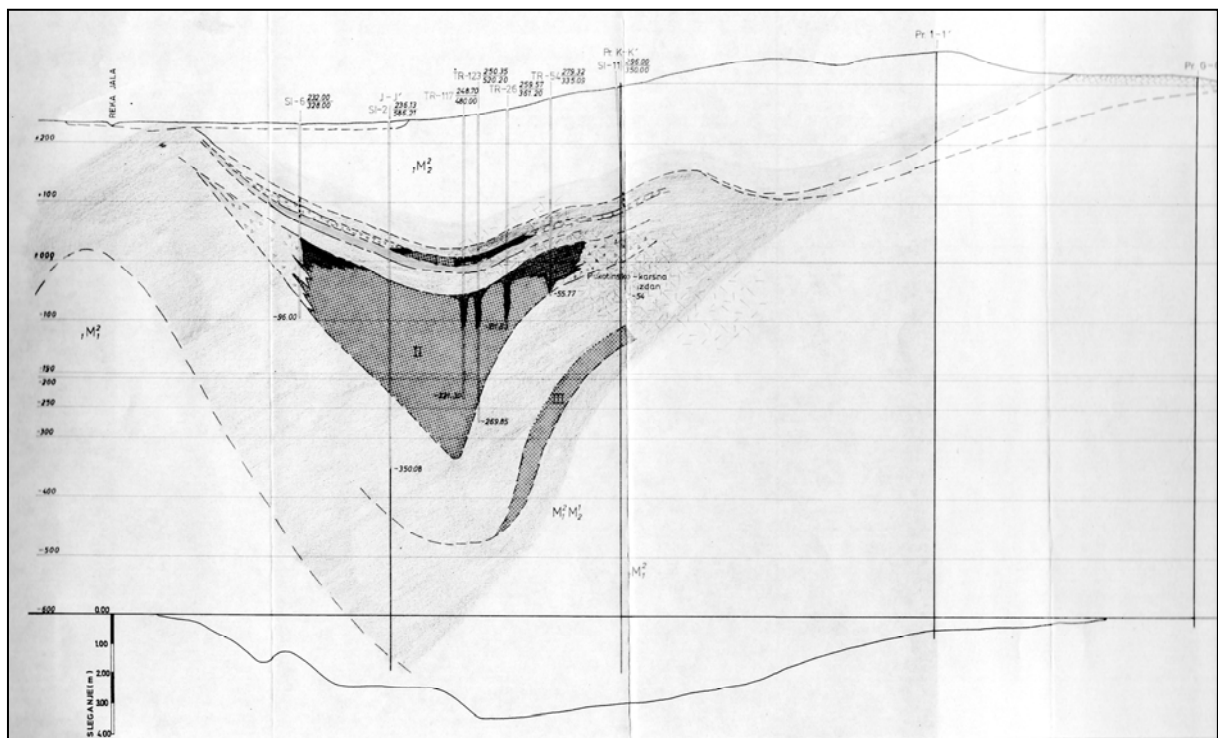
*Stratigrafija* tuzlanskog ležišta soli pripada miocenskom sedimentnom kompleksu koje je genetski vezano za marinsko-lagunske naslage tzv. "trakaste serije". U jugozapadnom dijelu, na sedimente miocena konkordantno se nastavljaju pliocenski sedimenti sjeverne krekanske sinklinale. Kao najmlađi članovi javljaju se ostatci deluvijalnih trasa i aluvijalni nanosi pomenutih rijječica i pritoka

*Litologija* unutar trakaste serije ili sone formacije u užem smislu, koju čine tanko uslojeni i listasti glinoviti i anhidritični laporci i laporoviti glinci, zaliježu hemijski sedimenti različite moćnosti. Među njima najviše je zastupljena kamena so. Kamena so pretežno je onečišćena, bilo proslojcima i uklopcima lapora i glinaca, bilo disperzno uklopljenim česticama glinaca, anhidrita i gipsa.

Normalan član sone serije je i anhidrit, koji je u vidu moćnih naslaga zastupljen, naročito duž južne rubne zone ležišta. Javlja se kao kompaktnu u vidu proslojaka, uklopaka i sočiva ili u vidu brečoidnog anhidrita moćnosti i do 50m.



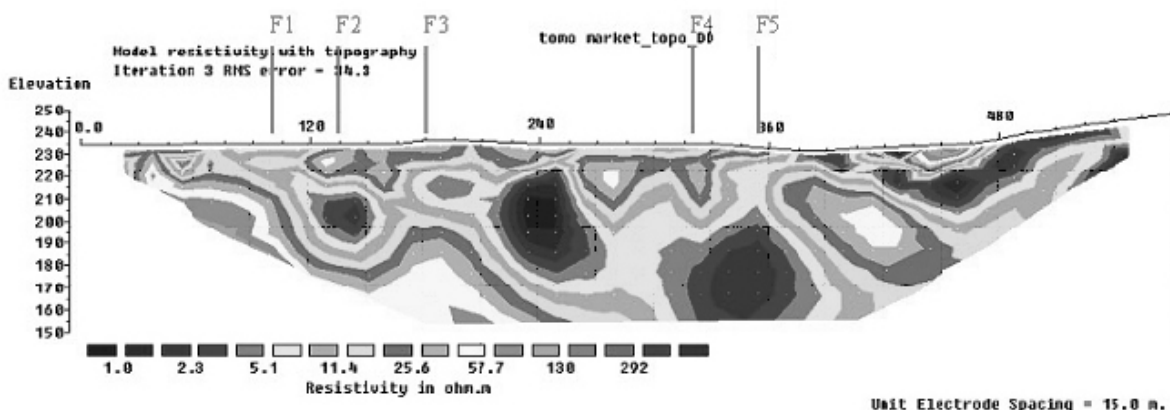
Mapa 1. Položaj geofizičkog i geološkog profila



Slika 2. Inženjersko geološki profil

*Tektonika* ležišta skoro se u cjelini nalazi unutar sinklinale Trnovac-Tušanj. Za vrijeme orogenskih pokreta, sona serija bila je podvrgnuta istim opštim tektonskim faktorima, kao i trakasta serija sa okolnim sedimentima. Međutim, zbog specifičnih mehaničkih osobina soli, prije svega zbog njenih plastičnih svojstava pri visokim pritiscima, sona serija je bila izložena vrlo intenzivnim unutrašnjim naprezanjima, koja su uslovlila specifične deformacije sonih naslaga. Zbog toga je struktura i morfologija ležišta, odnosno serije soli unutar njega, složenija u odnosu na trakastu seriju i prateće sedimente.

*Hidrogeologija* primarno napajanje ležišta vrši se na izdancima sone formacije, na antiklinali Dolovi, u koritu rijeke Soline i u koritu rijeke Jale. Tačnije rečeno, napajanje se vrši duž zone bigrovitog krečnjaka i neposredno oko njega. Napajanje ležišta po vertikali, kroz tortonški "šlir" kao i kroz sedimente podine, ako i postoji, ima sekundarni značaj. Prema ovome, priliv vode u ležištu je po obodu sa sjevera, istoka i sa juga.



Slika 3. Tomograf geofizičkog profila urađen postprocesingom dipol-dipol.

*Geofizički* profil AA' ima relativnu otpornost materijala varira oko  $18\Omega m$ , a što predstavlja prilično veliku otpornost, sa najnižom otpornosti od  $7\Omega m$ . Ovakvo stanje otpornosti materijala navodi nas na zaključak da je "masiv" izrazito deformisan, ispucao i kao takav pogodan za nakupljanje i cirkulaciju podzemnih voda.

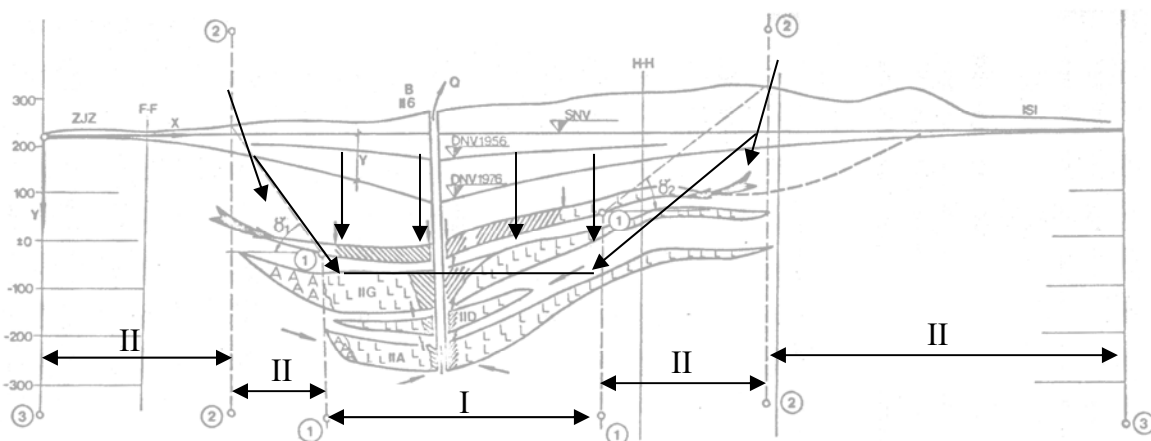
*GPS podaci* i podaci o geodetski snimanjima tokom dugog perioda osmatranja, govore nam da je slijeganje tla u padu u posljednjem periodu. I ako je eksploatacija stala, vertikalni i horizontalni pomaci su značajni i u skorom vremenskom razdoblju nije za očekivati prestanak. O kojim se veličinama radi bit će nam jasno ako kažemo da su godišnja slijeganja u ovoj zoni oko 10cm, a u centru slijeganja oko 20cm.

### **Analiza dosadašnjih istraživanja i njihov uticaj na stabilnost objekata**

Na južnoj strani zone slijeganja zanimljiv je "greben" koji zaostaje pri slijeganju koji jednim dijelom obuhvata i posmatranu površinu. A radi se o bočnom izboju anhidrita koji se nalazi u obodnim zonama ležišta i manje je podložan deformacijama pošto je brečastog karaktera iako sa određenim količinama soli u svojim naslagama. Tu se teren sliježe, ali je očigledno da znatno kasni za ostalim dijelovima što je i očito, jer sa obadvije strane teren je znatno niži. Gotovo svi objekti koji su bili locirani u ovoj zoni doživjeli su velike deformacije, a veliki broj ih je srušen. Razlog tome je bio što su bili locirani okomito na izobite slijeganja koje su se manifestovale u vidu ešaloniranih pukotina koje su se javljale u obodima ovog grebena.

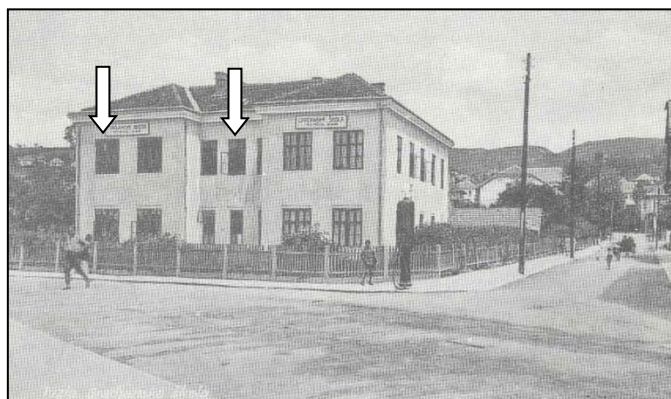


Na osnovu dosadašnji geoloških, hidrogeoloških, tektonskih, geofizičkih i GPS podataka o analiziranoj lokaciji došlo se do pretpostavke o postojanju zona (kako je predstavljeno na Šemi 1.). Usljed nehomogenosti stijemskih masiva koji trpe deformacije, ali i udaljenosti od centara deficita masa tlo se različito ponašalo i time uticalo na manifestacije na površini terena u vidu: pukotina, lomova, izdizanja ili spuštanja. Gline su recimo bile fleksibilne i dosta i prilično ublažile refleksiju ponašanja podtla na površinu, dok su recimo krečnjaci i druge čvrste stijene ravnomjernije prenosile manifestacije konsolidacije na površinu terena, a samim time znatno uticale na stabilnost objekata i infrastrukture na površini.



Šema 1. Zonska podjela uticajnih cjelina: ZONA I, zona maksimalnih vertikalnih pomaka, ZONA II, zona povećanih horizontalnih pomaka i ZONA III, zona loma tj. kontakta sa stabilnim tlom.

**Zona I** pripada centralnom dijelu maksimalnih deformacija. U tom dijelu litologija terena je prilično jednolična i gotovo u cijelosti je prenosila ponašanje podtla na površinu. Tako da imamo gotovo proporcionalne veličine slijeganja sa eksploatisanom slanicom. Isto ponašanje je prouzrokovalo velika slijeganja (preko 10m u nekim dijelovima). Pošto se radilo o ravnomjernoj konsolidaciji uticaj na objekte je uglavnom bio samo u vertikalnom pogledu i nije bitnije narušavao stabilnost konstrukcije. Ovo dokazuju fotografije 3 i 4 gdje je objekat iz 1960 i poslije 46. godine očiglednim vertikalnim pomakom (prizemlje su gotovo nestali, ali i ulica u podzemlju je dobila nagib). Objekat je porušen 2006. godine, a glavni razlog su bile površinske podzemne vode koje su redovito plavile objekat. Iste su se pojavile kao posljedica narušavanja hidrogeološkog režima protoka podzemnih voda. Na naročitu pažnju bi trebalo posvetiti podzemnim i površnim vodama.



i naročitu

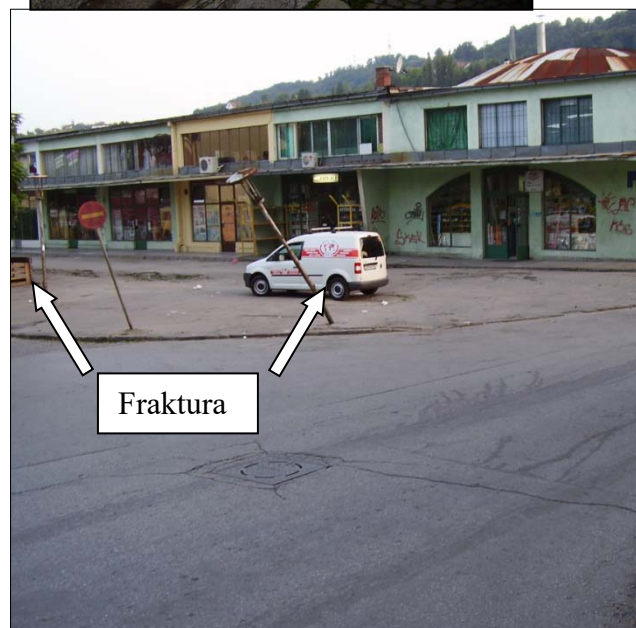
Slika 4. i 5. Objekat Aero-kluba 1960-2006 godina

**Zona II** nalazi se između zone slijeganja i zone loma na depresionom lijevku sa prilično velikim horizontalnim pomacim. Osim klasičnog tonjenja objekta u ovoj zoni je aktivno i horizontalno razvlačenje i u većini slučajeva pucanje temeljnih konstrukcija. Pošto se sam proces odvijao prilično sporo i kako se tlo ponašalo elastično, pri deformacijama, većina objekata je opstala, uz povremene intervencije u vidu kontrafora i ojačanja osnove. Na slici 6. prikazan je jedan od objekata u ovoj zoni koji je u potpunosti izgubio vertikalnost zidova (ako pogledamo vrata, vidjet će mo koliko zid kriv), jer su temelji bili destabilizirani slijeganjem i povučeni ka centru depresije odnosno, došlo je do razvlačenja istog, jer je konstrukcija jednim dijelom na relativno stabilnom tlu.

**Zona III** predstavlja zonu loma i kontakt nestabilno relativno stabilnom površinom, koja se različito manifestira u ovisnosti od geološke građe podtla. Ista predstavlja značajne horizontalne pomake koji su se u vidu smicanja manifestirali na površini. Značajno je reći da su svi objekti koji se nalaze u ovoj zoni bili porušeni zbog velikog klznog pomaka i deformacija koje su značajno uticale i na infrastrukturnu kakvu gradnju, prije potpune konsolidacije tla u ovoj zoni nemoguća. Na fotografijama 7 i 8 imamo prikazane dvije slike zone iz 1961. godine, kada lom na površini nije bio vidljiv, a 2006. godine kada se na površini terena može vidjeti efekt loma. Ista je usmjerena ka centru slijeganja, a u dijelovima ima i preko 1m visinske razlike.



povećanih  
ih pomaka



Slika 7. i 8. Fotografisana lokacija u blizini zelene pijace 1961. i 2006. godine.

## ZAKLJUČAK:

Geološka građa napuštenog sonog ležišta u Tuzli vrlo je kompleksna i do sada nedovoljno istražena. Tektonika istog je samo teorijski postavljena, a procenat poremećenosti struktura poslije narušavanja, usljed eksploatacije soli, samo djelimično analiziran. Ovaj rad dao je osnovnu teoriju o zonama uticaja slijeganja na objekte i infrastrukturu na površini. Ista teorija bi se trebala detaljnije razraditi uz potrebne istražne radove sa osnovnim zadatkom da se poslije obustavljanja eksploatacije soli, što prije odrede zone uticaja i uslovi fundiranja radi bržeg i efikasnijeg pristupa urbanizaciji napuštenih prostora odnosno, rekonstrukciji ugroženih objekata.

Trebalo bi uzeti u obzir, da prije bilo kakve gradnje u ovoj zoni, treba izvršiti analizu hidrogeoloških, geofizičkih, GPS i drugih podataka, kako bi se precizno definisalo buduće ponašanje terena. I pored utvrđivanja kriterija gradnje i pretpostavki o budućem ponašanju terena, geolozi bi obavezno, trebali vršiti nadzor i davati preporuke pri gradnji na rizičnim prostorima, kao što je ovo, kako bi konstrukcije građenih objekata bile prilagođene deformacijama koje se očekuju na predmetnoj lokaciji.

## LITERATURA:

1. „KARAKTERISTIKE PROCESA SLIJEGANJA UŽEG GRADSKOG JEZGRA GRADA TUZLE, KAO POSLJEDICE EKSPLOATACIJE SOLI, SA ASPEKTA OTEŽANE PROKNOZE DALJNJIH DEFORMACIJA “  
*Toni Nikolić – Stručni rad, Tuzla 2003.,*
2. „TEHNICAL RAPORT ELECTRICAL IMAGING SURVEY IN TUZLA (BOSNIA & HERZEGOVINA), ISTITUTO DI METODOLOGIE PER L’ANALISI AMBIENTALE CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE IMAA – CNR CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI RAVENNA PER LE SCIENZE AMBIENTALI UNIVERSITÀ DI BOLOGNA”  
*"Acknowledgments to regione Emilia Romagna, Province of Ravenna and CIRSA - University of Bologna, for financing the project. Municipality and University of Tuzla provided data and cooperated for the field survey."*  
  
*Lapenna Vincenzo, IMAA-CNR (Italy), Loperte Antonio, IMAA-CNR (Italy), Nikolic Toni, Werkosing (Bosnia & Herzegovina, Tuzla), Piscitelli Sabatino, IMAA-CNR (Italy), Rizzo Enzo, IMAA-CNR (Italy), Sabia Marcella, CIRSA (Italy), Stecchi Francesco, CIRSA (Italy), Tuzla 2005.*
3. “ANALIZA ZONA FRAKTURA U GRADU TUZLI ZAVISNO OD DINAMIKE IZLUŽIVANJA SOLI U PODPOVRŠINI”  
*Toni Nikolić – Magistarski rad, Tuzla 2006.,*
4. Arhivska dokumentacija grada Tuzle
5. “HIDRODINAMIČKA STUDIJA EKSPLOATACIJE TUZLANSKOG SONOG LEŽIŠTA PRILAGOĐENA POTREBAMA ANALIZE SLIJEGANJA PODRUČIJA GRADA TUZLE”  
*Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" - Beograd, 1981.godine*

# UTICAJ HEMIJSKOG SASTAVA NA JEDNOOSNU ČVRSTOĆU NA PRITISAK GABRA

Kenan MANDŽIĆ\*Eldar HUSEJNAGIĆ\*\* Elvir BABAJIĆ\*\*\*  
Erna MANDŽIĆ\*\*\*\*

## REZIME

Eksploatacija magmatske stijene gabra izvodi se na pet majdana unutar ležišta gabra Jablanica. Cilj istraživanja bilo je da se utvrdi uticaj niza mogućih faktora, među kojima je i hemijski sastav gabra, na vrijednost jednoosne čvrstoće na pritisak. Iz stijenskog materijala, svakog od majdana, isječeni su reprezentativni uzorci dimenzija 5x5x5 cm. Za svaki majdan izrađeno je 60 uzoraka radi dobivanja što preciznijih rezultata i mogućnosti statističke obrade dobivenih rezultata. Da bi utvrdili postoji li uticaj hemijskog sastava na jednoosnu čvrstoću na pritisak gabra iz ležišta Jablanica, nakon izvođenja opita jednoosne čvrstoće na pritisak, izvedene su hemijske analize na karakterističnim uzorcima sa svakog pojedinačnog majdana. Na osnovu hemijskog sastava izvršen je CIPW (*Cross, Iddings, Pirson i Washington*) proračun, na osnovu kojeg je određen procentualni sastav pojedinih minerala u svakom ispitanom uzorku. Rezultati dobiveni istraživanjima pokazuju složen odnos hemijskog sastava i jednoosne čvrstoće na pritisak, odnosno ukazuju na to da, sam hemijski sastav (procentualni sastav pojedinih minerala) u ispitivanim uzorcima, nije dovoljan kao posebno izdvojen uticajni faktor na čvrstoću na pritisak gabra.

**Ključne riječi:** gabra, jednoosna čvrstoća na pritisak gabra, hemijski sastav gabra

## SUMMARY

The exploitation of magmatic rock gabro is conducted on five „majdan“in gabro deposit in Jablanica. The goal of this research was to determine the influence of gabro chemical composition on the value of uniaxial compression strength. The representative rock samples, with dimensions 5x5x5cm, were cut from rock material of each „majdan“. Sixty samples were prepared from each „majdan“for purpose of gaining precise results and possibilities of statistical analyses. To determine the influence of chemical composition on uniaxial compression strength for Jablanica gabro, after the testing of uniaxial compression strength, the analyses of chemical composition were conducted on characteristic samples from each „majdan“. Based on chemical composition CIPW (*Cross, Iddings, Pirson i Washington*) analysis was conducted to determine the percentage of each mineral in tested sample results, from this research, indicate the complex relation between the chemical composition and uniaxial compression strength, in other words show, that the chemical composition is insufficient as the single factor of influence on uniaxial compression strength.

**Key words:** gabro, uniaxial compression strength of gabro, chemical composition of gabro

---

\* Kenan MANDŽIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

\*\* Eldar HUSEJNAGIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

\*\*\* Elvir BABAJIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

\*\*\*\* Erna MANDŽIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

# Eksperimentalni podaci i hemijske analize su sastavni dio doktorske disertacije „Uticaj strukturne građe na čvrstoću gabra“ kandidata mr.sc.Kenana MANDŽIĆA

## 1. UVOD

Ispitivanja jednoosne čvrstoće jablaničkog gabra izvedena su radi utvrđivanja promjene vrijednosti čvrstoće za svaki pojedini majdan u gabro masivu Jablanice. Budući da se radi o jednom masivu, promjene u čvrstoći između varijeteta iz pojedinih majdan ukazuju na postojanje uticajnih faktora na vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak. U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak za 300 uzoraka i hemijskog sastava na 39 uzoraka pojedinih varijeteta gabra, sa pet majdana. Dobiveni rezultati stavljeni su u korelacioni odnos radi utvrđivanja uticaja hemijskog sastava na čvrstoću na pritisak.

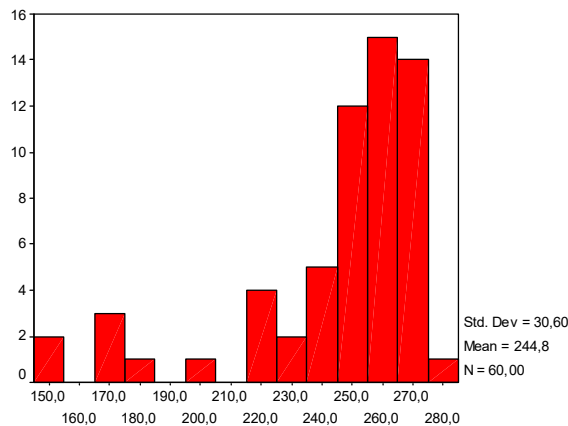
## 2. Jednoosna čvrstoća na pritisak Jablaničkog gabra

Čvrstoća materijala se definiše kao otpornost materijala primjenjenim silama koje taj materijal deformišu i dovode ga do loma. U inženjerskoj praksi čvrstoća se računa kao djelovanje sile na jedinicu površine u trenutku loma.

Za čvrstoću se može reći da je relativan pojam jer se može definisati tek uz poznavanje uticajnih faktora na tu čvrstoću, kao što su: veličina uzorka stijene, vrsta primjenjenog napona (pritisak, zatezanje, torzija, smicanje), intenzitet i vrijeme trajanja opterećenja, temperatura okoline, veličina poroziteta, strukturno-teksturna građa stijene, mineralni sastav, stepen prirasta opterećenja i dr. Jednoosna čvrstoća na pritisak predstavlja najjednostavniji opit čvrstoće stijenskog materijala. Pomoću čvrstoće na pritisak se izučavaju mehanička svojstva stijena. Prilikom loma uzorka, pod djelovanjem opterećenja, dolazi do razdvajanja uzorka na individualne komade duž jedne ili više ravnina koje mogu biti paralelne osi opterećenja ili pod uglom u odnosu na nju.

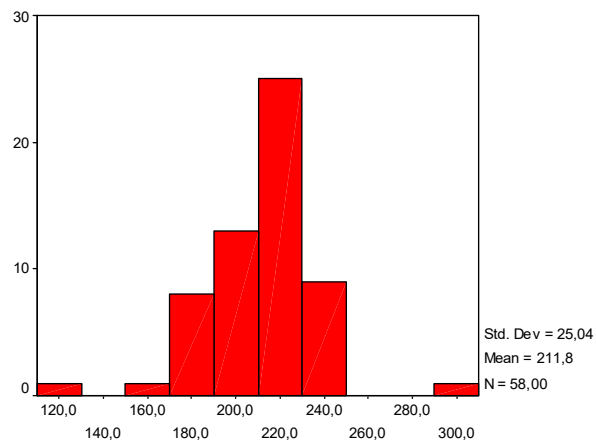
Ispitivanja jednoosne čvrstoće na pritisak uzoraka jablaničkog gabra provedena su na uzorcima dimenzija 5x5x5 cm, koje su propisane važećim standardima. Ukupno je ispitano 300 probnih tijela, odnosno 60 probnih tijela za svaki pojedinačni majdan u gabro masivu. Svi uzorci ispitani su u potpuno istim uslovima, na istoj aparaturi, da bi se eliminisali neki od uticajnih faktora koji su navedeni. Uzorci sa svih majdana ispitani su pod presom, u mjernom opsegu 1000 kN sa tačnošću očitavanja sile u trenutku loma od 1 kN i sa istim stupnjem nanošenja opterećenja u jedinici vremena. Čvrstoća na pritisak je dobivena kao sila koja djeluje na opterećenu površinu uzorka u trenutku loma. Svaki „mod“, odnosno stub u histogramu, indicira minimum jedan uticajni faktor na čvrstoću.

Ispitivanja su provedena na uzorcima u suhom stanju, a rezultati ispitivanja za svaki pojedinačni majdan prikazani su na histogramima u nastavku.



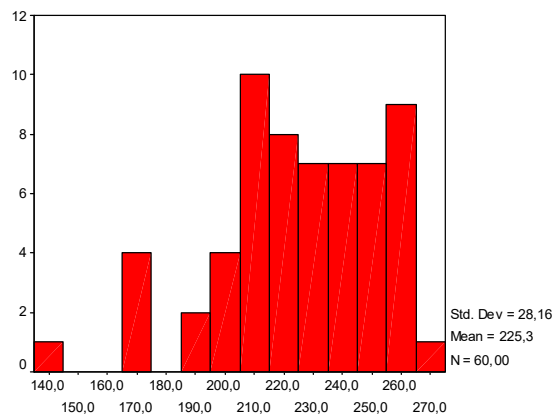
Histogram raspodjele jednoosne čvrstoće na pritisak (MPa)

Slika 1. Histogram raspodjele jednoosne čvrstoće za majdan „Car“



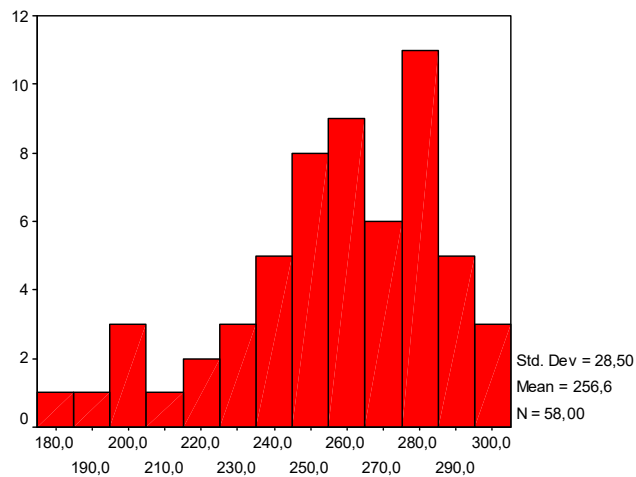
Histogram raspodjele jednoosne čvrstoce na pritisak (MPa)

Slika 2. Histogram raspodjele jednoosne čvrstoće za majdan „Suljo Čilić“



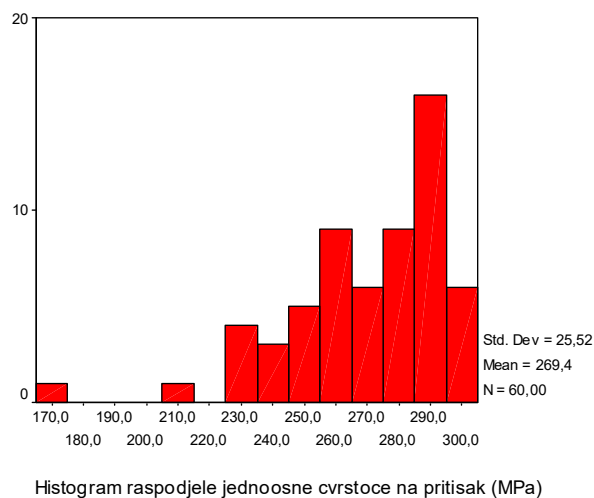
Histogram raspodjele jednoosne čvrstoce na pritisak (MPa)

Slika 3. Histogram raspodjele jednoosne čvrstoće za majdan „Velja stijena“



Histogram raspodjele jednoosne čvrstoce na pritisak (MPa)

Slika 4. Histogram raspodjele jednoosne čvrstoće za majdan „Padešnica“



Slika 5. Histogram raspodjele jednoosne čvrstoće za majdan „Padešnica crna“

Na histogramima raspodjele rezultata mjerenja vide se minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak za svaki majdan pojedinačno. Kod svakog histograma majdana iz ležišta Jablanica vidljiva je i različita raspodjela vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak, odnosno različito izraženi modovi, što je posljedica prisustva velikog broja uticajnih faktora na čvrstoću na pritisak jablaničkog gabra.

### 3. Hemijski sastav jablaničkog gabra

Za potrebe ispitivanja hemijskog sastava jablaničkog gabra, karakteristični uzorci su sprášeni na čestice dimenzija ispod 0,09mm, a za svaki od uzoraka uzeto je više od 9 grama prašine. Ispitivanja hemijskog sastava izvršena su na ukupno 39 uzoraka, koji su izabrani su na osnovu analize histograma raspodjele jednoosne čvrstoće na pritisak za svaki majdan. Svaki od uzoraka za hemijsku analizu vezan je za jedan mod iz histograma raspodjele, gdje mod predstavlja minimum jedan prisutni uticajni faktor na čvrstoću. Oznake na uzorcima prašine iste su kao i oznake samih uzoraka na kojima se vršilo ispitivanje jednoosne čvrstoće na pritisak. Ispitivanja hemijskog sastava izvršena su u ACME laboratoriji u Kanadi, prema standardu STD SO-18, u 2008 godini.

U tabelama su uzorci predstavljeni pripadajućim oznakama, a za svaki od uzoraka prikazan je procentualni sastav pojedinih komponenti. Obzirom da hemijski sastav magmatskih stijena zavisi od njihovog mineralnog sastava, moguće je izračunati kvantitativni mineralni sastav iz podataka hemijske analize stijene. CIPW proračun, koji je urađen na osnovu hemijskog sastava, predstavlja proračun na osnovu kojeg se može odrediti procentualni sastav pojedinih minerala u ispitanom uzorku, odnosno, CIPW proračun predstavlja petrohemijski proračun koji daje prednost izračunavanju kvantitativnog mineralnog sastava. Na bazi hemijske analize stijene, koristeći proračun CIPW, moguće je bolje sagledavanje kvantitativnih odnosa između pojedinih proračunatih normativnih minerala, koji se, opet, mogu korelirati s modalnim sastavom.

Na ovaj način, preko molekularnog sastava, proračunate su količine minerala jednostavnijeg mineralnog sastava i to: kvarc, albit, anortit, ortoklas, korund, diopsid, hipersten, ilmenit, magnetit i apatit. Kod ove metode zamenareni su petrogeni minerali s konstitucijskom vodom, npr. biotit, koji su u ispitivanim uzorcima često zastupljeni. Iz tog razloga dobijeni normativni mineralni sastav može odstupati od stvarnog sastava, iako mu je veoma blizak.

Sume u tabelama predstavljaju procentualni sastav salskih, femskih i acesornih minerala.

**Oznake minerala kao i njihove formule predstavljene su ispod**

**qz**-kvarc ( $\text{SiO}_2$ ); **Ab**-albit ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ); **An**-anortit ( $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ); **Or**-ortoklas ( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ); **C**-korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); **Di**-diopsid [ $\text{CaO} \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ ]; **Hy**-hipersten [ $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ]; **Il**-ilmenit ( $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ); **Mt** -magnetit ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ); **Ap**-apatit [ $3(3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5) \cdot \text{CaF}_2$ ]

**Majdan „Car“**

	C-5	C-12	C-13	C-16	C-35	C-41	C-44
SiO2	53,54	53,2	52,75	53,64	53,25	53,5	51,18
TiO2	0,87	1,03	1,01	1,02	1,04	1,03	1,11
Al2O3	19,89	19,2	19,33	18,6	18,86	19,28	18,49
Fe2O3	7,41	8,38	8,17	8,66	8,46	8,52	9,53
MnO	0,14	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16
MgO	3,72	3,91	3,86	4,04	3,96	4,17	4,41
CaO	9,12	9,05	9,13	8,85	8,96	9,1	9,03
Na2O	3,33	3,26	3,28	3,14	3,25	3,26	3,07
K2O	1,16	1,11	1,21	1,12	1,14	1,22	1,18
P2O5	0,2	0,27	0,35	0,31	0,31	0,33	0,28
Suma(%)	99,380	99,560	99,230	99,530	99,380	100,560	98,440

**CIPW analiza**

<b>or</b>	6,855	6,560	7,151	6,619	6,737	7,210	6,973
<b>ab</b>	28,178	27,585	27,754	26,570	27,501	27,585	25,978
<b>an</b>	35,898	34,477	34,447	33,349	33,506	34,370	33,186
<b>qz</b>	3,158	3,160	2,435	4,409	3,402	2,623	0,927
<b>Suma(%)</b>	<b>74,088</b>	<b>71,782</b>	<b>71,786</b>	<b>70,947</b>	<b>71,145</b>	<b>71,789</b>	<b>67,064</b>
<b>di</b>	6,628	7,151	7,069	7,049	7,368	7,109	8,086
<b>hy</b>	14,307	15,511	15,175	16,260	15,615	16,364	17,651
<b>ol</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Suma(%)</b>	<b>20,935</b>	<b>22,662</b>	<b>22,244</b>	<b>23,309</b>	<b>22,983</b>	<b>23,474</b>	<b>25,737</b>
<b>ap</b>	0,463	0,626	0,811	0,718	0,718	0,765	0,649
<b>il</b>	1,652	1,956	1,918	1,937	1,975	1,956	2,108
<b>mt</b>	1,612	1,823	1,777	1,883	1,840	1,853	2,073
<b>Suma(%)</b>	<b>3,727</b>	<b>4,404</b>	<b>4,506</b>	<b>4,539</b>	<b>4,533</b>	<b>4,574</b>	<b>4,830</b>

Tabela 1.  
Prikaz procentualn  
og  
hemijskog  
sastava  
gabra iz  
majdana  
„Car“ sa  
rezultatima  
CIPW  
analize

**Majdan**

**„Suljo Čilić**

	Sc-11	Sc-21	Sc-30	Sc-31	Sc-41	Sc-42	Sc-47	Sc-53
SiO2	50,180	49,900	50,000	50,160	50,240	50,100	49,910	50,840
TiO2	0,960	0,960	0,940	0,910	0,910	1,010	0,940	0,960
Al2O3	17,640	18,190	18,800	18,620	18,280	17,720	17,790	17,140
Fe2O3	10,120	10,210	9,360	9,370	10,060	10,130	10,190	10,450
MnO	0,180	0,180	0,170	0,170	0,180	0,190	0,190	0,200
MgO	5,860	5,830	5,730	5,640	5,740	6,320	5,840	6,110
CaO	9,700	9,710	9,790	9,810	9,870	9,370	9,900	9,760
Na2O	2,920	2,830	3,030	3,020	2,960	2,820	2,930	2,820
K2O	0,890	1,000	1,000	0,920	0,790	1,120	0,850	1,040
P2O5	0,340	0,260	0,180	0,190	0,280	0,220	0,380	0,270
Suma (%)	98,790	99,070	99,000	98,810	99,310	99,000	98,920	99,590

**CIPW analiza**



<b>or</b>	5,260	5,910	5,910	5,437	4,669	6,619	5,023	6,146
<b>ab</b>	24,708	23,947	25,639	25,554	25,047	23,862	24,793	23,862
<b>an</b>	32,396	33,976	34,743	34,533	34,258	32,384	32,879	31,038
<b>qz</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum(%)</b>	<b>62,364</b>	<b>63,833</b>	<b>66,292</b>	<b>65,524</b>	<b>63,974</b>	<b>62,865</b>	<b>62,695</b>	<b>61,046</b>
<b>di</b>	11,092	10,269	10,369	10,576	10,584	10,374	11,301	12,826
<b>hy</b>	16,406	14,410	10,147	12,358	15,294	14,712	14,621	17,444
<b>ol</b>	3,257	5,045	7,160	5,350	4,039	5,557	4,555	2,665
<b>Sum(%)</b>	<b>30,754</b>	<b>29,724</b>	<b>27,675</b>	<b>28,284</b>	<b>29,917</b>	<b>30,644</b>	<b>30,478</b>	<b>32,935</b>
<b>ap</b>	0,788	0,602	0,417	0,440	0,649	0,510	0,880	0,626
<b>il</b>	1,823	1,823	1,785	1,728	1,728	1,918	1,785	1,823
<b>mt</b>	2,201	2,221	2,036	2,038	2,188	2,203	2,216	2,273
<b>Sum(%)</b>	<b>4,812</b>	<b>4,646</b>	<b>4,238</b>	<b>4,206</b>	<b>4,565</b>	<b>4,631</b>	<b>4,882</b>	<b>4,722</b>

Tabela 2. Prikaz procentualnog hemijskog sastava gabra iz majdana „Suljo Čilić“ sa rezultatima CIPW analize

### Majdan „Velja stijena“

	Vs-13	Vs-15	Vs-23	Vs-36	Vs-45	Vs-47	Vs-51	Vs-53
SiO <sub>2</sub>	51,57	51,61	51,84	51,06	52,36	52,16	51,76	52,57
TiO <sub>2</sub>	1,1	1,09	1,08	1,29	1,08	1,01	1,1	1,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,07	20,02	20,43	19,14	20,07	20,52	20,01	20,44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,83	8,24	8,52	9,96	8,51	7,95	8,51	8,33
MnO	0,16	0,15	0,15	0,18	0,15	0,14	0,15	0,15
MgO	3,88	3,64	3,59	4,25	3,62	3,5	3,69	3,54
CaO	9,38	9,23	9,29	9,13	9,13	9,39	9,12	9,21
Na <sub>2</sub> O	3,49	3,4	3,48	3,32	3,43	3,41	3,35	3,44
K <sub>2</sub> O	0,84	0,82	0,83	0,85	0,85	0,8	0,85	0,81
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,15	0,13	0,15	0,14	0,11	0,12	0,12
Suma (%)	99,450	98,350	99,340	99,330	99,340	98,990	98,660	99,730
<b>CIPW analiza</b>								
<b>or</b>	4,964	4,846	4,905	5,023	5,023	4,728	5,023	4,787
<b>ab</b>	29,531	28,770	29,447	28,093	29,024	28,854	28,347	29,108
<b>an</b>	36,616	36,943	37,673	34,812	36,856	38,321	37,051	37,939
<b>qz</b>	0,039	1,500	0,880	0,080	1,937	1,869	1,653	2,149
<b>Sum(%)</b>	<b>71,150</b>	<b>72,058</b>	<b>72,904</b>	<b>68,008</b>	<b>72,840</b>	<b>73,772</b>	<b>72,075</b>	<b>73,982</b>
<b>di</b>	7,507	6,509	6,270	7,871	6,233	6,243	6,134	5,771
<b>hy</b>	15,733	14,874	15,236	17,641	15,318	14,398	15,511	15,052
<b>ol</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sum(%)</b>	<b>23,239</b>	<b>21,382</b>	<b>21,507</b>	<b>25,512</b>	<b>21,551</b>	<b>20,641</b>	<b>21,645</b>	<b>20,823</b>
<b>ap</b>	0,301	0,348	0,301	0,348	0,324	0,255	0,278	0,278
<b>il</b>	2,089	2,070	2,051	2,450	2,051	1,918	2,089	2,127
<b>mt</b>	1,920	1,792	1,853	2,166	1,851	1,729	1,851	1,812
<b>Sum (%)</b>	<b>4,311</b>	<b>4,210</b>	<b>4,205</b>	<b>4,964</b>	<b>4,226</b>	<b>3,902</b>	<b>4,218</b>	<b>4,217</b>

Tabela 3. Prikaz procentualnog hemijskog sastava gabra iz majdana „Velja stijena“ sa rezultatima CIPW analize

### **Majdan „Padešnica“**

	P-5	P-6	P-7	P-17	P-24	P-40	P-41	P-59
SiO <sub>2</sub>	50,68	50,46	50,58	51,59	50,65	50,56	51,32	51,75
TiO <sub>2</sub>	0,93	1,01	0,88	0,93	0,94	0,95	0,97	0,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,88	18,17	18,92	18,29	18,46	18,64	18,16	18,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,43	10,07	8,99	9,3	9,55	9,44	9,39	9,28
MnO	0,17	0,18	0,17	0,16	0,17	0,17	0,16	0,17
MgO	5,14	5,62	5,34	5,09	5,45	5,24	5,19	5,12
CaO	10,04	9,84	10,25	9,82	9,94	9,89	9,89	9,69
Na <sub>2</sub> O	2,89	2,71	2,85	2,88	2,83	2,75	2,77	2,86
K <sub>2</sub> O	0,89	0,96	0,9	0,93	0,86	0,88	0,91	0,89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16	0,14	0,1	0,13	0,14	0,16	0,13	0,15
Suma (%)	99,210	99,160	98,980	99,120	98,990	98,680	98,890	99,370
<b>CIPW analiza</b>								
<b>or</b>	5,260	5,673	5,319	5,496	5,082	5,201	5,378	5,260
<b>ab</b>	24,454	22,931	24,116	24,370	23,947	23,270	23,439	24,201
<b>an</b>	35,914	34,578	36,174	34,231	35,126	35,918	34,429	35,094
<b>qz</b>	0,000	0,000	0,000	1,100	0,000	0,322	1,257	1,469
<b>Sum(%)</b>	<b>65,629</b>	<b>63,183</b>	<b>65,608</b>	<b>65,197</b>	<b>64,155</b>	<b>64,710</b>	<b>64,503</b>	<b>66,023</b>
<b>di</b>	10,572	10,954	11,508	11,218	10,904	9,951	11,335	9,868
<b>hy</b>	16,834	18,543	15,108	17,825	18,186	18,990	18,068	18,558
<b>ol</b>	1,186	1,193	2,135	0,000	0,747	0,000	0,000	0,000
<b>Sum(%)</b>	<b>28,593</b>	<b>30,689</b>	<b>28,750</b>	<b>29,043</b>	<b>29,837</b>	<b>28,940</b>	<b>29,403</b>	<b>28,426</b>
<b>ap</b>	0,371	0,324	0,232	0,301	0,324	0,371	0,301	0,348
<b>il</b>	1,766	1,918	1,671	1,766	1,785	1,804	1,842	1,766
<b>mt</b>	2,051	2,190	1,955	2,023	2,077	2,053	2,042	2,018
<b>Sum(%)</b>	<b>4,188</b>	<b>4,433</b>	<b>3,858</b>	<b>4,090</b>	<b>4,187</b>	<b>4,228</b>	<b>4,187</b>	<b>4,132</b>

Tabela 4. Prikaz procentualnog hemijskog sastava gabra iz majdana „Padešnica“ sa rezultatima CIPW analize

### Majdan „Padešnica crna“

	Pc-18	Pc-29	Pc-32	Pc-37	Pc-39	Pc-43	Pc-50	Pc-51
SiO <sub>2</sub>	51,500	50,980	51,850	51,160	51,610	51,290	50,620	51,330
TiO <sub>2</sub>	1,140	1,100	1,130	1,100	1,060	1,160	1,140	1,180
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,250	18,150	17,200	17,810	18,080	17,440	17,540	17,090
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,010	9,770	9,800	9,560	9,470	10,070	9,570	10,140
MnO	0,170	0,160	0,160	0,160	0,160	0,180	0,170	0,180
MgO	5,330	5,090	5,090	5,040	5,170	5,450	5,250	5,490
CaO	9,340	9,140	9,120	9,330	9,420	9,270	9,130	9,060
Na <sub>2</sub> O	3,030	3,080	2,980	3,050	3,040	2,890	3,010	2,870
K <sub>2</sub> O	1,170	1,110	1,160	1,160	1,140	1,140	1,150	1,180
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,250	0,200	0,270	0,200	0,180	0,220	0,190	0,210
Sum(%)	99,190	98,780	98,760	98,570	99,330	99,110	97,770	98,730
<b>CIPW analiza</b>								
<b>or</b>	6,855	6,560	6,855	6,855	6,737	6,737	6,796	6,973
<b>ab</b>	26,072	26,062	25,216	25,808	25,724	24,454	25,470	24,285
<b>an</b>	30,519	32,420	30,129	31,479	32,320	31,247	30,952	30,264
<b>qz</b>	0,195	0,000	1,590	0,070	0,177	0,469	0,000	0,810
<b>Sum(%)</b>	<b>63,641</b>	<b>65,042</b>	<b>63,791</b>	<b>64,213</b>	<b>64,958</b>	<b>62,908</b>	<b>63,218</b>	<b>62,332</b>
<b>di</b>	12,293	9,566	10,994	11,111	10,884	10,941	10,767	10,946
<b>hy</b>	18,888	17,865	18,240	17,802	18,195	19,503	17,785	19,657
<b>ol</b>	0,000	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,501	0,000
<b>Sum(%)</b>	<b>31,180</b>	<b>28,231</b>	<b>29,234</b>	<b>28,914</b>	<b>29,078</b>	<b>30,444</b>	<b>29,053</b>	<b>30,603</b>
<b>ap</b>	0,589	0,463	0,626	0,463	0,417	0,510	0,440	0,487
<b>il</b>	2,202	2,089	2,146	2,089	2,013	2,203	2,165	2,241
<b>mt</b>	2,214	2,125	2,131	2,079	2,060	2,190	2,081	2,205
<b>Sum(%)</b>	<b>5,005</b>	<b>4,677</b>	<b>4,903</b>	<b>4,632</b>	<b>4,490</b>	<b>4,903</b>	<b>4,687</b>	<b>4,933</b>

Tabela 5. Prikaz procentualnog hemijskog sastava gabra iz majdana „Padešnica crna“ sa rezultatima CIPW analize

Kod hemijskih analiza uzoraka za svaki majdan nisu prisutna velika odstupanja u procentualnom sadržaju pojedinih hemijskih komponenti. Najviše zastupljena komponenta, u svim uzorcima, je silicijum-dioksid (SiO<sub>2</sub>).

Varijacije procentualnog sadržaja pojedinih hemijskih komponenti, utvrđenog iz hemijskog sastava, koje se javljaju u ispitanim uzorcima, manje su od 2%, a sam hemijski sastav je karakterističan za magmatsku stijenu gabra.

Na osnovu hemijskog sastava izvršen je CIPW proračun, na osnovu kojeg je utvrđen procentualni sastav pojedinih minerala u ispitanom uzorku.

Provedeni CIPW proračun pokazuje da ne postoje značajne razlike u zastupljenosti pojedinih minerala unutar uzoraka iz istog majdana, odnosno da su te razlike do nekoliko procenata.

U svim ispitanim uzorcima salska komponenta dominira u odnosu na femsku komponentu. Odnos između salskih (bijelih) i femskih (obojenih) minerala za uzorke u pojedinim majdanima varira u nekoliko procenata, što ne predstavlja veliku razliku. Razlike se pojavljuju između zastupljenosti salske i femske komponente između pojedinih majdana.

U majdanima „Velja stijena“ i „Car“ povećan je procentualni sadržaj salske komponente (prosječno 71%) na račun femske komponente, čiji je udio smanjen (prosječno 22,5%), dok je procentualni sadržaj acesornih minerala približno jednak kod svih majdana (do 5%). U ostalim majdanima procentualni sadržaj salske komponente iznosi oko 63,5%, a femske prosječno 30%.

Kod svih uzoraka iz majdana „Suljo Čilić“ prisutna je pojava obojenog minerala olivina (do 8%), a kod majdana „Padešnica“ i „Padešnica crna“ olivin se pojavljuje samo u pojedinim uzorcima i to u manjem procentualnom sadržaju (do 2%). Kod majdana „Car“ i „Velja stijena“ nije zabilježen procentualno značajan sadržaj ovog minerala.

Na osnovu prikazanih hemijskih analiza može se zaključiti da je hemijski sastav jablaničkog gabra ujednačen u ispitanim uzorcima za pojedinačne majdane.

#### 4. ZAKLJUČAK

Tvrdoća salskih minerala albita, anortita i ortoklasa je 6, dok je tvrdoća kvarca 7. Tvrdoća femskih minerala je 6, dok se tvrdoća acesornih minerala kreće između 5 i 6.

Obzirom da ne postoji razlika u tvrdoći između svježih salskih i femskih minerala, razlike koje se pojavljuju u procentualnom sadržaju salskih i femskih minerala između pojedinih majdana ne utiču na vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak, jer sa povećanjem procentualnog sadržaja salskih minerala u uzorcima iz pojedinih majdana, ne povećava se srednja vrijednost jednoosne čvrstoće na pritisak tih uzoraka. Tako npr. kod gabra sa majdana „Velja stijena“, procentualni sadržaj salskih minerala je prosječno 71%, a kod gabra majdana „Padešnica crna“ 63%, dok je prosječna vrijednost jednoosne čvrstoće na pritisak za uzorke sa majdana „Velja stijena“ 225MPa a za uzorke sa majdana „Padešnica crna“ 271MPa. Isto tako, kod gabra iz majdana „Car“ procentualni sastav salskih minerala je oko 71% dok je prosječna vrijednost jednoosne čvrstoće na pritisak 244 MPa, tj. veća nego kod gabra iz majdana „Velja stijena“.

Zbog ujednačene tvrdoće svježih salskih i femskih minerala sam hemijski sastav (procentualni sastav pojedinih minerala) u ispitivanim uzorcima, nije dovoljan da bi se utvrdile vrijednosti jednoosne čvrstoće na pritisak tih uzoraka. Bitna karakteristika femskih minerala je podložnost alteraciji zbog uticaja endogenih i egzogenih faktora, što može promijeniti njihova svojstva. Na osnovu hemijskog sastava nemože se utvrditi stepen i način alteracije na samim mineralima koji grade uzorak kao i uticaj alteracije na veze između minerala. Veliki uticaj na čvrstoću ima stepen alteracije bojanih (femskih) minerala, način srastanja minerala, kao i raspored alteracijskih zona u strukturnoj građi ispitivanog uzorka.

Na osnovu provedeni ispitivanja može se zaključiti, da sam hemijski sastav (procentualni sastav pojedinih minerala) u ispitivanim uzorcima, nije dovoljan kao posebno izdvojen uticajni faktor na čvrstoću na pritisak gabra.

## LITERATURA

1. B.B. Standardi, B.B8.012/1987., B.B8.121/1990., B.B8.032/1980
2. Bilbija N., (1984), TEHNIČKA PETROGRAFIJA, Svojstva i primjene kamena, Beograd
3. Čičić S., Pamić J., (1987), GEOLOGIJA BOSNE I HERCEGOVINE, Magmatizam i Metalogenija, Sarajevo
6. Knežević V., Đorđević P., (1976), OSNOVI PETROLOGIJE, Stalni udžbenik, ICS, Beograd
7. Marić L., (1951), SISTEMATSKA PETROGRAFIJA, Školska knjiga, Zagreb
8. Marić.L., (1951), PETROGRAFIJA za studente arhitekture, građevinarstva i likovne i primjenjene umjetnosti, Školska knjiga, Zagreb
9. Mandžić E., (1999), MEHANIKA STIJENA, autorizovana predavanja- RGGF, Tuzla

# IDENTIFIKACIJA POTENCIJALNIH NESTABILNOSTI NA RADNIM I ZAVRŠNIM KOSINAMA KAMENOLOMA DRENIK KOD SREBRENIKA

Indira SIJERČIĆ\* NedimGLOTIĆ \*\*

## Uvod

Ležište krečnjaka Drenik nalazi se oko 1,5 km jugozapadno od grada Srebrenika, neposredno uz lijevu obalu rijeke Tinje. Krečnjački masiv ležišta pripada krajnjim obroncima sjeverozapadnog oboda planine Majevice. Ima oblik izduženog sočiva, pravca pružanja istok – zapad, na dužini preko 800 metara.

## Geološka građa ležišta

U geološkoj građi ležišta Drenik učestvuju laporci i krečnjaci eocena, zatim aluvijalno-deluvijalne gline i aluvion rijeke Tinje. Laporci se javljaju u podini ležišta, a isklinjavaju na krečnjačkim liticama južnog oboda ležišta i u koritu rijeke Tinje. To su laporci u kojima se javljaju interkalacije sitnozrnih pješčara i laporovitih, pjeskovitih do brečastih krečnjaka. Krečnjaci su iste starosti kao i laporci. Postepeno iz ovih laporaca, krečnjaci naviše prelaze u masivne do bankovite krečnjake ležišta Drenik. Niži dijelovi krečnjačke mase izgrađeni su od krečnjaka, obično svjetlije boje i koji su bogatiji fosilnim vrstama, najčešće foraminiferama prostije građe. Viši dijelovi obično su smeđe-sive boje. Među fosilima najčešće su foraminifere, ponekad i dosta složene građe i većih dimenzija. Krečnjaci ležišta Drenik nastali su u plitkovodnoj sredini sa izrazitom dinamikom morske vode. Organskog su porijekla, nastali iz zoogenih i fitogenih taloga u eocenu, sa visokim sadržajem korisne komponente (*S. Salihović, R Redžepović, 2002*).

a

## Strukturno – tektonske karakteristike ležišta

Na osnovu podataka dobijenih dosadašnjim istražnim bušenjem i položaja zapaženih krečnjačkih banaka, smatra se da je na lokalitetu Drenika razvijena sinklinala. Osa ove sinklinale izdužena je u pravcu istok – zapad. Južno krilo sinklinale jače je izraženo, naročito u istočnom dijelu Drenika. Sjeverno krilo više je erodovano, pa se dobija utisak da se radi o jednoj monoklinali koja tone prema sjeveru. Poprečno na osu sinklinale javlja se jedna, manja sinklinala čija osa tone prema SI. Ovom sinklinalom, čije je tjeme znatno erodovano, krečnjački masiv Drenika podijeljen je na dva dijela (*S. Salihović, R Redžepović, 2002*).

---

\* Dr. sc. Indira SIJERČIĆ, docent, RGGF Tuzla

\*\* Nedim GLOTIĆ, dipl. inž. geologije, „WINNER PROJECT“ d.o.o. Sarajevo

Savremeni strukturno tektonski – oblici ležišta krečnjaka Drenik, formirani su tokom pirinejske i savske orogene faze. Na formiranje plikativnih i disjunktivnih oblika na ležištu, velikog uticaja je imalo prisustvo Tinjsko – moluškog dubinskog rasjeda, koji se nalazi sjeverno od ležišta. Na osnovu stepena sabijanja pojedinih slojeva na manji prostor utvrđeno je da je horizontalno kretanje vršeno na Tinjsko- moluškom dubinskom rasjedu 0,5 km (*I.Soklić, 1964*) Posljedica ovih kretanja su tektonski blokovi koji svojim međusobnim premještanjem, kako u horizontalnom, tako i u vertikalnom pravcu, uslovljavaju pravce ubiranja i nastajanja tenzionih i rasjeda smicanja.

## Rezultati terenskih istraživanja

Tokom 2007. godine vršeno je inženjerskogeološko kartiranje radnih etaža kamenoloma Drenik. Urađena je Detaljna geološka karta na kojoj su izdvojene slijedeće zone:

- Zona masivnih krečnjaka na istočnoj, jugoistočnoj i sjeverozapadnoj strani kamenoloma. U masivnim krečnjacima, ravnine slojevitosti imaju pad prema sjeveroistoku, što znači da je osa ove sinklinale izdužena u pravcu SZ – JI i približava se orijentaciji Tinjsko – moluškog dubokog rasjeda. Padni ugao izmjerena na radnim etažama, kreće se između  $40^0$  i  $50^0$ . Na nekim od ravnina slojevitosti registrovani su tragovi kretanja koji su se formirali prilikom ubiranja, djelovanjem tenzionog napona upravnog na osu sinklinale iz pravca SSI, kao i u ležištu Duboki Potok – Bijela rijeka.

- O okviru zone masivnih krečnjaka izdvojene su dvije zone: zona osulinskog materijala, koji se formirao i kretao duž rasjednih ravnina na etažu, i zona crvene glinovite ispune, koja ima dva pravca kretanja: preko rasjedne ravnine prema sjeveru i u pravcu sjeverozapada gdje se završava na osulinskom materijalu etaže 225 m.

- Na glavnom pravcu napredovanja radnih etaža kamenoloma, pružaju se dvije zone koje se međusobno smjenjuju. To su zona laporovito – pjeskovitog krečnjaka i zona žuto – smeđeg pjeskovito – glinovitog zdrobljenog krečnjaka. Pravac pružanja ovih zona je SI – JZ, što odgovara pravcu pružanja manje, unutrašnje sinklinale. Ravnine slojevitosti izmjerene u laporovitim krečnjacima pokazuju blag pad prema jugoistoku što dovodi do pojavljivanja laporovitih krečnjaka na krečnjačkim liticama južnog oboda ležišta. Ovim zonama, odnosno unutrašnjom sinklinalom, ležište „Drenik“ je podijeljeno na dva dijela.

I. Soklić (*1955*) odredio je pad slojeva u krečnjacima na SSI (26/56). Nakon dugogodišnje eksploatacije i dubljim zalaženjem u masiv, danas su elementi ravnina slojevitosti nešto su izmijenjeni i imaju vrijednosti 48/62. Ravnine slojevitosti u laporovitim krečnjacima imaju pad na JI (160/33).

Na kamenolomu su registrovane dvije grupe rasjeda. Morfološka klasifikacija je vršena u odnosu na pružanje osnovne strukture u ležištu, sinklinale u masivnim krečnjacima. Tako rasjede klasifikujemo na paralelne i dijagonalne. Rasjedi paralelni osi sinklinale, pružanja SSZ – JJI, imaju relativno lijevo horizontalno kretanje, dok dijagonalni rasjedi, pravca pružanja približno ZSZ – IJI, imaju relativno desno horizontalno kretanje krila rasjeda. Isti rasjedi su suprotne orijentacije u odnosu na pružanje unutrašnje sinklinale u laporovitim krečnjacima.

Prema mehanizmu nastanka, rasjede u ležištu Drenik dijelimo na rasjede smicanja i tenzione rasjede. To su intermitentni rasjedi na kojima je vidljivo nekoliko generacija, uglavnom, horizontalnih tragova kretanja. Na manjem broju rasjeda registrovana su gravitaciona kretanja.

Pukotine registrovane na radnim kosinama kamenoloma različitih su orijentacija i padnih uglova.

Kinematska klasifikacija pukotina nije vršena jer je pukotinski sklop u ležištu oblikovan kroz više kinematskih faza. Promjenom pravaca djelovanja glavnih napona, pukotine formirane u jednoj kinematskoj fazi prelaze u drugi kinematski tip najbliži po orijentaciji.

Izdvojeno je više pukotinskih sistema različitih orijentacija. Preovladavaju pukotine sa padom na Z i SZ (270/69 i 335/54) i JI (153/61 i 116/29). Rjeđe su zastupljeni pukotinski sistemi sa padom na SI (9/62 i 75/66), i JZ (185/30 i 198/73). Pukotine u masivnim krečnjacima su, u većini mjerenja, strmije u odnosu na pukotine u laporovitim krečnjacima.

Pukotinska ispuna, predstavljena uglavnom smeđim i sivim laporovitim glinama, zastupljena je u središnjim dijelovima kamenoloma. U sjeveroistočnim dijelovima (u blizini kontakta laporovite i zone masivnih krečnjaka) vidljivi su tragovi tečenja na rasjednoj ravnini i pukotinama. U masivnim krečnjacima pukotinska ispuna predstavljena je kalcitom maksimalne debljine do 5 cm, a mjestimično i sitnim kristalima kalcita. U istočnom dijelu, u masivnim krečnjacima, pored kalcitne nalazi se i laporovita ispuna debljine oko 10-tak centimetara.

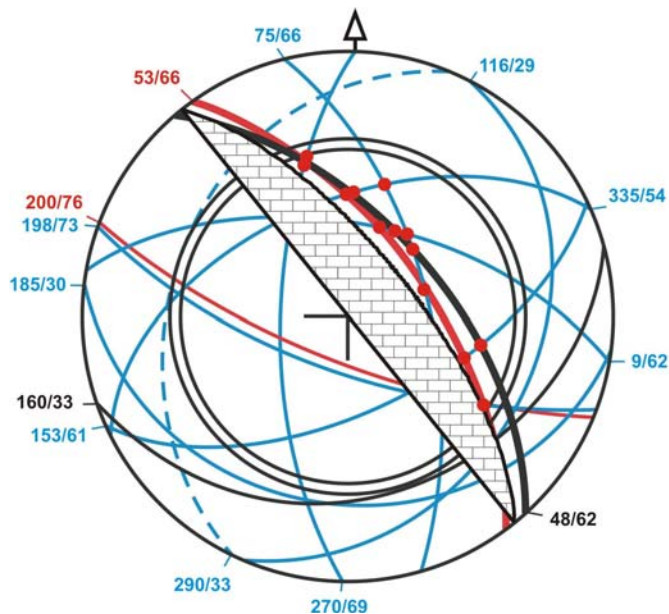
### Primjena rezultata terenskih istraživanja

Na kamenolomu Drenik eksploatacija se vrši na četiri etaže sa glavnim pravcem napredovanja prema jugozapadu. Sjeverna kosina koristi se kao pristupni put. Prema glavnom rudarskom projektu završna kosina orijentisana je padom na istok, sa pravcem napredovanja prema zapadu.. Na istočnoj, odnosno jugoistočnoj kosini trenutno ne vrši eksploatacija. Ova kosina je ostavljena kao zaštitni stub koji će se odstraniti u završnoj fazi likvidacije ležišta.

Za identifikaciju potencijalnih nestabilnosti korišteni su Šmitovi dijagrami, na koje su neneseni pravci napredovanja radnih i završnih kosina kamenoloma Drenik, prisutni diskontinuiteti na kosinama, kao i dva kruga trenja za vrijednosti uglova trenja  $33^{\circ}$  i  $37^{\circ}$ .

Diskontinuiteti u ležištu predstavljeni su sa dvije grupe rasjeda, 8 pukotinskih sistema i dvije ravnine slojevitosti: u krečnjacima i laporovitim krečnjacima. Pojedinačne pukotine, koje ne pripadaju izdvojenim pukotinskim sistemima, označene su isprekidanom linijom.

Na glavnom pravcu napredovanja radnih kosina kamenoloma identifikovana su dva ravninska loma na jednom diskontinuitetu i više klinastih lomova na dva diskontinuiteta.



Ravninski lomovi orijentisani su pravcem ispadanja prema SI, a identifikovani su na rasjedima 53/66 i ravninama slojevitosti u krečnjacima 48/62. Na ova dva diskontinuiteta nalazi se 11 nepovoljnih presjeka sa drugim pukotinskim sistemima, na kojima se formiraju klinasti lomovi.

Na glavnom pravcu napredovanja radnih kosina, osim navedenih klinastih lomova, identifikovana su još dva klinasta loma srednje zapremine: na pukotinskim sistemima 335/54 i 75/66, i 9/62 i 75/66,



Na jugoistočnoj kosini identifikovan ravninski lom na jednom diskontinuitetu na pukotinskom sistemu 335/54. Ovaj ravninski lom pruža se paralelno čitavom dužinom kosine i ograničava velike zapremine klizne mase. Na njemu se nalazi 9 nepovoljnih presjeka sa drugim diskontinuitetima, koji dovode do formiranja klinastih lomova koji usitnjavaju kliznu masu na manje blokove.

Na pukotinskom sistemu 153/61 identifikovano je čeno otkidanje i prevrtanje blokova prema sjeverozapadu.

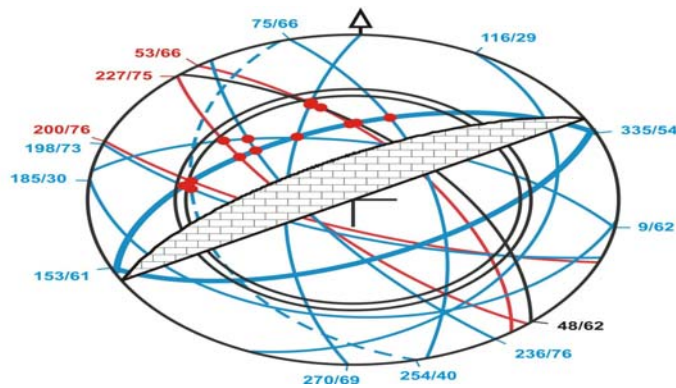
Klinasti lomovi na dva diskontinuiteta, velikih dimenzija identifikovani su na presjecima: pukotinskog sistema 9/62 sa pukotinskim sistemom 2736/76; i rasjedom 227/7:

Klinasti lomovi manjih dimenzija, u blizini kruga trenja, identifikovani su na presjecima:

- rasjeda 53/66 sa pukotinskim sistemom 270/69 i ravninom slojevitosti krečnjaka 48/62;

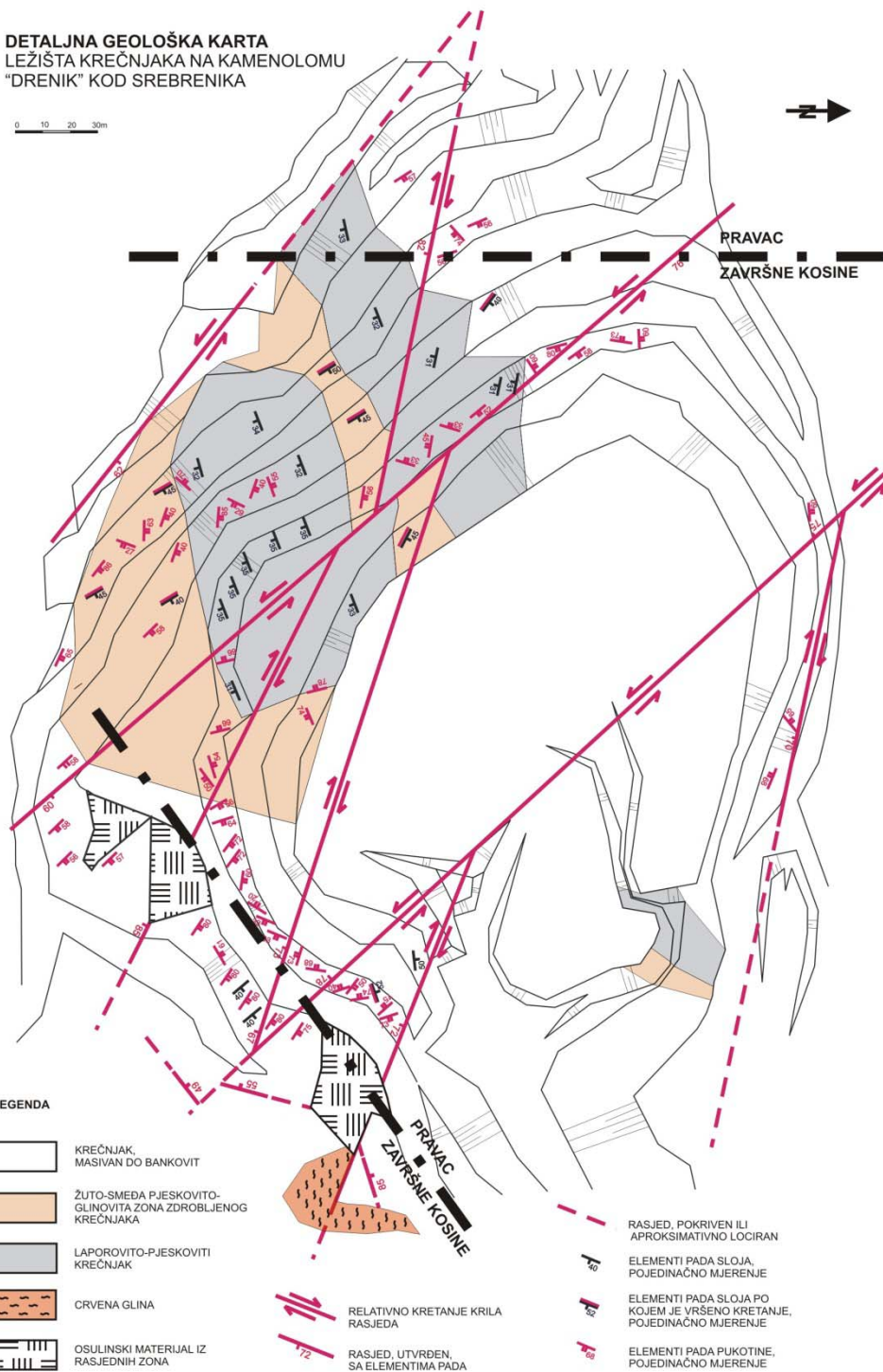
- pukotinskog sistema 270/69 i ravnine slojevitosti u krečnjacima 48/62;

Klinasti lom srednjih dimenzija identifikovane presjeka pukotinskog





**DETALJNA GEOLOŠKA KARTA  
LEŽIŠTA KREČNJAKA NA KAMENOLOMU  
"DRENIK" KOD SREBRENIKA**





0 10 20 30m



**LEGENDA**

-  KREČNJAK, MASIVAN DO BANKOVIT
-  ŽUTO-SMEDA PJEŠKOVITO-GLINOVITA ZONA ZDROBLJENOG KREČNJAKA
-  LAPOROVITO-PJEŠKOVITI KREČNJAK
-  CRVENA GLINA
-  OSULINSKI MATERIJAL IZ RASJEDNIH ZONA

-  RELATIVNO KRETANJE KRILA RASJEDA
-  RASJED, UTVRDEN, SA ELEMENTIMA PADA

-  RASJED, POKRIVEN ILI APROKSIMATIVNO LOCIRAN
-  ELEMENTI PADA SLOJA, POJEDINAČNO MJERENJE
-  ELEMENTI PADA SLOJA PO KOJEM JE VRŠENO KRETANJE, POJEDINAČNO MJERENJE
-  ELEMENTI PADA PUKOTINE, POJEDINAČNO MJERENJE

NAPOMENA: oznake u legendi odnose se samo na radne kosine kamenoloma

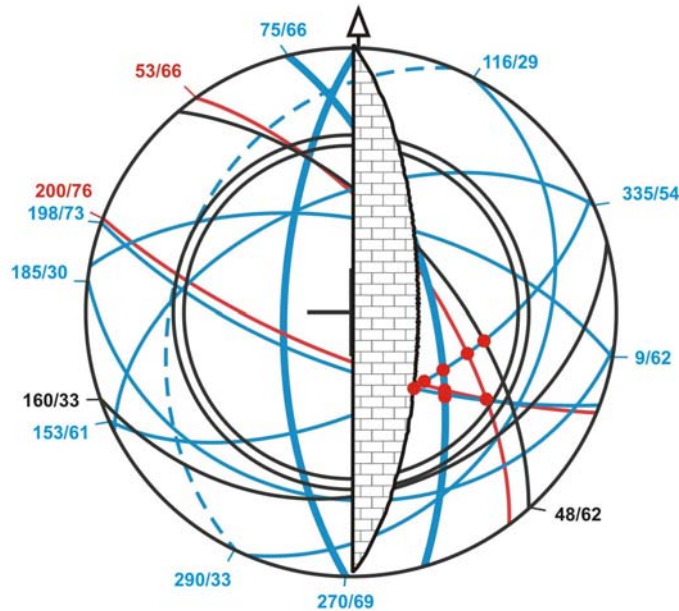
STANJE: avgust-septembar 2007. godine

KARTU IZRADILA:  
Dr. Sci. Indira SIJERČIĆ, dipl.inž. Geologije

Prema glavnom rudarskom projektu pravac napredovanja završne kosine je prema zapadu.

Ravninski lom na jednom diskontinuitetu, manjih dimenzija sa bočnim ispadanjem klizne mase na južnom dijelu kosine, identifikovan je na pukotinskom sistemu 75/66 na kojem se nalaze 3 nepovoljna presjeka, odnosno klinasta loma

Duž pukotinskog sistema 270/69 identifikovano je prevrtanje blokova na radne etaže kamenoloma.



Klinasti lomovi većih dimenzija formiraju se na presjecima pukotinskog sistema 335/54 sa ravninom slojevitosti krečnjaka 48/62 i rasjeda 53/66.

Klinasti lomovi manjih dimenzija identifikovani su na presjecima pukotinskog sistema 335/54 sa rasjedom 200/76 i pukotinskim sistemom 198/73 i nalaze se blizu kruga trenja; a na presjeku rasjeda 53/66 sa rasjedom 200/76 i pukotinskim sistemom 198/73 klinasti lomovi su u vrhu etaže.

## Zaključak

Nakon provedenih terenskih istraživanja i primjene dobijenih rezultata za identifikaciju potencijalne nestabilnosti radnih i završnih kosina kamenoloma Drenik, može se zaključiti:

- U ležištu preovladavaju pukotinski sistemi sa padom na Z i SZ (270/69 i 335/54) i JI (153/61 i 116/29). Različite vrste nestabilnosti javljaju se na pukotinskim sistemima sa padom na Z i SZ, duž pukotinskog sistema 153/61 identifikovano je prevrtanje velikih dimenzija na jugoistočnoj kosini, dok pukotinski sistem 116/29 nema nikakvog uticaja na stabilnost radnih i završnih kosina.

- Rjeđe su zastupljeni pukotinski sistemi sa padom na SI (9/62 i 75/66), i JZ (185/30 i 198/73). Oni identifikuju klinaste lomove srednjih dimenzija na glavnom pravcu, velikih dimenzija na jugoistočnoj kosini i manji ravninski lom na završnoj kosini. Na pukotinskim sistemima sa padom prema JZ nije identifikovana ni jedna nestabilnost na analiziranim pravcima radnih i završnih kosina.

- Ravnine slojevitosti u krečnjacima sa padom na SI imaju uticaja na stabilnost radnih i završnih kosina. Na glavnom pravcu napredovanja obrazuju ravninski lom manjih dimenzija, na jugoistočnoj kosini manje klinaste lomove, dok je najnepovoljniji položaj na završnoj kosini gdje obrazuju klinaste lomove velikih zapremina. Ravnine slojevitosti u laporovitim krečnjacima ne identifikuju nestabilnosti.

- Rasjedi pružanja SZ – JI sa padom rasjedne ravnine prema SI identifikuju velike klinaste lomove na završnoj i manje na jugoistočnoj kosini, a na glavnom pravcu napredovanja ravninski lom manje zapremine. Rasjedi istog pružanja, sa padom prema JZ, identifikuju velike klinaste lomove na jugoistočnoj, a manje na završnoj kosini.

- Orijentacija završne kosine je nepovoljna jer je identifikovano prevrtanje velikih dimenzija na pukotinskom sistemu 270/69 i dva velika klinasta loma na presjecima pukotinskog sistema 335/54 sa ravninom slojevitosti krečnjaka 48/62 i rasjeda 53/66.

## Literatura

- Dearman, W. R. (1991): *Engineering geological mapping*. Butterworth – Heinemann, Oxford, 387 p.
- Dimitrijević M. (1987): *Pukotine kao elementi sklopa stenskih masa*. SEMINAR: Metodologija istraživanja ispucalosti stenskih masa, RGF Beograd.
- Giani G. P. (1992): *Rock slope stability analysis*. A. A. Balkema Rotterdam.
- Hoek E., Bray, J.W. (1981): *Rock slope engineering*. 3rd ed., IMM, London.
- Salihović S., Redžepović R. (2002): *Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi krečnjaka na ležištu „Drenik“ kod Srebrenika*. RGGF Tuzla.
- Sijerčić I. (2003): *Pukotine i pukotinski sistemi u krečnjačkom masivu kamenoloma Duboki Potok*. Magistarski rad, RGGF Tuzla.
- Sijerčić I. (2004): *Istraživanje stabilnosti kosina u stijenama projekcijom lopte*. Zbornik radova za broj XXVII,79 – 83, RGGF, JU Univerzitet u Tuzli.
- Sijerčić I. (2007): *Pukotine i pukotinski sistemi kosina kamenoloma u strukturno – tektonski kompleksnim krečnjačkim formacijama*. Doktorska disertacija, RGGF Tuzla.
- Sijerčić (2007): *Izveštaj o provedenim geološkim radovima na kamenolomima „Drenik“ i „Duboki Potok – Bijela rijeka“ kod Srebrenika u 2007. godini*. RGGF Tuzla
- Soklić I. (1964): *Lineamenti sjeveroistočne Bosne*. Geološki glasnik Sarajevo.
- Soklić I. (1987): *Hronologija geotektonskih pokreta u dinaridima u mezozoiku i kenozoiku*. ANU BiH.

# PRIMENA GEOLOŠKOG ISTRAŽNOG BUŠENJA ZA DOBIJANJE REPREZENTATIVNIH UZORAKA (JEZGRA)

Tatjana Blagojević<sup>16</sup>, Rada Čečavac<sup>2</sup>

## UVOD

Egzaktni podaci u procesu istraživanja ležišta uglja dobijaju se oprobavanjem, obuhvatajući sve faze rada počev od uzimanja uzorka, pa do laboratorijskih metoda merenja. Rezultati merenja predstavljaju podatke o različitim osobinama istraživanog sloja ležišta uglja na osnovu kojih se mogu odrediti tehnološka i energetska svojstva istraživanog sloja uglja, moćnost sloja, okonturivanje površina prema kvalitetu u cilju obračuna rezervi prema vrstama uglja i dr.

Primenom istražnog bušenja uzorci uglja se uglavnom dobijaju u vidu jezgra, koje predstavlja najrasprostranjeniji vid izvodjenja radova pri prospekciji i istraživanju ležišta uglja. Postoje i drugi načini dobijanja nabušenog materijala koji su manje pouzdani, preko sita na izlazu mlaza isplake iz bušotine i iz taložnika. Ova dva zadnja načina uzorkovanja daju materijal u obliku sitnih čestica pomoću kojih je moguće identifikovati sloj kroz koji se buši, ali je nemoguće dati geološku interpretaciju. Nabušeni materijal može da se dobije i pri bušenju sa komprimovanim vazduhom, kada se dobijaju sitne čestice nabušenog intervala stena.

U ovom radu su prikazana različita tehnička sredstva i oprema, odnosno metode i postupci koji omogućavaju dobijanje maksimalnih količina realnih reprezentativnih jezgara.

## 1. REPREZENTATIVNOST OPROBAVANJA JEZGROVANJEM

Ako su osnovni pokazatelji ugljenog sloja (moćnost, sadržaj pepela, mikrokomponentni sastav, lakoisparljive komponente i dr.) slični njegovim realnim parametrima u intervalu jezgrovanja, uzorak jezgra smatra se reprezentativnim. Iz ovoga proističe, da je idealan reprezent svih pokazatelja uzorak sa 100%-tnim jezgrom. Jedan isti uzorak može biti reprezentativan za jedan pokazatelj, na primer mikrokomponentni sastav i nereprezentativan za druge pokazatelje na primer moćnost sloja, sadržaj pepela u uglju i dr.

Reprezentativnost jezgra zavisi od stabilnosti pokazatelja kvaliteta uglja u sloju, procenta dobijanja jezgra i očuvanosti strukturno-teksturnih osobnosti sloja u jezgru. Isto tako, reprezentativnost jezgra zavisi ne samo od veličine, već i od "gubitka" materijala u procesu jezgrovanja.

Da bi se zadovoljile potrebe istraživanja, neophodno je raspolagati određenom dužinom, težinom i zapreminom jezgra.

Dužina dobijenog jezgra izračunava se, kao odnos dužine dobijenog jezgra i izbušenog intervala bušotine. Lakoća i ekspeditivnost ove metode uslovlila je njegovu široku primenu u praksi geoloških istražnih radova na uglju.

---

<sup>16</sup> Tatjana Blagojević, dipl.ing.geol., „EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari“ d.o.o., Stanari

<sup>2</sup> Rada Čečavac, dpl.ing.geol., A.D.„Refinerija nafte“, Bosanski Brod

Težina dobijenog jezgra izračunava se po sledećem obrascu:

$$J_t = \frac{m}{\pi \cdot r^2 \cdot l \cdot \rho} \cdot 100 \%$$

Gde je: m = težina dobijenog jezgra(kg); r = prečnik jezgra (m); l = dubina izbušenog intervala (m);  $\rho$  = gustina stena/uglja ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ).

Da bi se odredila zapremina, dobijeno jezgro se stavlja u posudu određene zapremine, a zatim sipa voda dok se ne ispuni posuda. Zapremina jezgra predstavlja razliku zapremine posude i sipane vode. Zapremina dobijenog jezgra izračunava se sledećim obrascem:

$$J_z = \frac{124 \cdot l_p \cdot (V - v)}{d_j^2} \cdot 100 \%$$

Gde je:  $l_p$  = dužina izbušenog intervala (m); V i v = zapremina posude i sipane vode ( $\text{m}^3$ );  $d_j$  = prečnik jezgra (m).

Pri istraživanju slojeva uglja uglavnom se koristi rotaciono bušenje, koje omogućava dobijanje uzorka uglja i okolih stena u obliku jezgra. Dobijanje reprezentativnog jezgra za izučavanje gradje i uslova zaleganja slojeva uglja, određivanje materijalnog sastava, fizičko-hemijskih, tehnoloških i drugih svojstava uglja predstavlja osnovni zadatak istražnog bušenja. Reprezentativnost jezgra u prvom redu zavisi od njegove dužine. Drugi važan kriterijum reprezentativnosti jezgra predstavlja njegov kvalitet, tj. stepen očuvanosti prirodnog stanja ugljenog sloja u zemljinoj kori. Dobijanje reprezentativnog jezgra-uglja pri geološkom istražnom bušenju takođe zavisi od geoloških, tehnoloških i organizacionih faktora.

## 2. GEOLOŠKI FAKTORI KOJI UTIČU NA KVALITET I KVANTITET JEZGRA

Geološki faktori koji utiču na kvalitet i kvantitet dobijenog jezgra u procesu bušenja su: litološko-facijalne osobine naslaga uglja, stepen metamorfizma uglja, tektonska narušenost ležista uglja.

### *Litološko-facijalne osobine naslaga uglja*

Uticao ovog faktora na dobijanje jezgra ima indirektan karakter, a ispoljava se veličinom razrušenog intervala pri presecanju sloja, zbog čega naročito dolazi do izražaja pri bušenju slojeva uglja male moćnosti.

**Petrografski sastav uglja** predstavlja jedan od veoma bitnih uticaja na kvalitet i kvantitet dobijenog jezgra u procesu bušenja. Mehanička čvrstoća uglja zavisi od mikrokomponentnog sastava, prisustva organskih komponenti i sadržaja pepela. Tako na primer, ruski istraživači su utvrdili da se u Pečorskom basenu procenat dobijanja jezgra smanjuje pri bušenju kroz ugaj sa povišenim sadržajem mikrokomponentne grupe vitrinita.

Znatan uticaj na kvalitet i kvantitet materijala jezgra, neophodnog za oprobavanje predstavlja sadržaj pepela u uglju. Uticaj pepela na dobijanje jezgra zavisi od veličine mineralnih uklopaka. Sitnozrnaste mineralne primese povećavaju mehaničku čvrstoću uglja, što omogućava da se dobije veći procenat jezgra. Prisustvom krupnijih mineralnih obrazovanja, dovodi do razaranja uglja pri bušenju i smanjuje procenat dobijanja jezgra.

### **Moćnost i gradja ugljenog sloja**

Osnovno gubljenje materijala jezgra nastaje u procesu formiranja jezgra rotacijom krune. Međutim, kada se jezgro nalazi u jezgrenoj cevi intenzitet njegovog razaranja je znatno manji. Bez obzira na to što procenat dobijenog jezgra ne zavisi od moćnosti izbušenog intervala, dobijanje jezgra kod slojeva male moćnosti, procenat dobijanja jezgra je manji.

Ovo se objašnjava time što je veličina homogenog intervala jezgrovanja veća kod slojeva velikih debljina. Znatno veći uticaj na kvalitet i kvantitet dobijanja jezgra ima gradnja ugljenog sloja. U zavisnosti od složenosti njegove građe, u prvom redu prisustvo u sloju proslojaka terigenih stena umanjuje procenat dobijenog jezgra. Gradnja ugljenog sloja znatno utiče i na broj nepravilnih presecanja sloja uglja, što povlači za sobom nizak kvalitet i kvantitet dobijanja jezgra, neophodnog za oprobavanje.

**Stepen metamorfizma uglja** bitno utiče na dobijanje kvalitetnog jezgra pri bušenju kroz sloj uglja. Uticaj ovog faktora na procenat dobijanja jezgra ispoljava se izmenom mehaničke čvrstoće uglja u zavisnosti od stepena metamorfizma. Kvantitativnu ocenu uticaja stepena metamorfizma na kvalitet oprobavanja pomoću jezgra sproveo je Gajdukov i dr. Oni su u uslovima Doneckog basena izučavali dobijanje jezgra u procesu bušenja, pri čemu je utvrđeno naglo snižavanje procenta dobijenog jezgra kod nemetamorfisanih ugljeva (4-10%). Kod slojeva slabo i visoko metamorfisanih ugljeva, procenat dobijanja jezgra se povećava i iznosi 89-93 % i 90-91%.

**Tektonska narušenost ležišta uglja** utiče na mehanička svojstva uglja. Ispucalost uglja dovodi do smanjenja njegove mehaničke čvrstoće, samozaklinjavanja jezgra i njegovog razaranja. Povećana ispucalost naročito negativno utiče na procenat dobijanja jezgra kod slojeva uglja koji strmo zaležu. Na delovima intenzivnog tektonskog dejstva, procenat dobijanja jezgra, iz slojeva uglja, znatno se smanjuje (ovo sniženje iznosi 4-8%).

Dubina zaleganja slojeva nema ozbiljnijeg uticaja na procenat dobijanja jezgra pri pravilnom presecanju sloja. Isto tako, pri složenim uslovima bušenja, sa povećanjem zaleganja povećava se verovatnoća nepravilnog presecanja sloja uz gubljenje jezgra.

### **3.TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI FAKTORI KOJI UTIČU NA KVALITET I KVANTITET JEZGRA**

Vađenje jezgra iz bušotine moguće je primenom posebnih uređaja za prihvatanje jezgra. Ovi uređaji treba da u svojoj unutrašnjosti prihvati jezgro stene, ili uglja koje je kruna obradila, da ga otkine od matične stene i da ga zadrži dok ne bude izvučeno iz bušotine. Kvalitet dobijanja jezgra zavisi u osnovi od pravilno odabranog pribora za prihvatanje jezgra i primenjenog režima bušenja.

U procesu formiranja jezgra centralni deo dna bušotine nije podvrgnut dejstvu reznih elemenata krune/dleta, usled čega se formira stub stene/uglja, u procesu produbljivanja bušotine, koje se pomera od dna pribora za prihvatanje jezgra prema vrhu. U idealnim slučajevima svaka jedinica produbljenog kanala bušotine treba da odgovara jedinici dobijenog jezgra. U realnim uslovima ovo se ne ostvaruje tj. linijska veličina jezgra ne odgovara produbljenom intervalu bušotine.

Ako se pribor za prihvatanje jezgra popunjava postepeno, a jezgro se pomera prema vrhu sa prekidima, smanjiće se linijska veličina usled:

- Dejstva isplake na jezgro ( podlokavanje, rastvaranje, smanjenje čvrstoće usled filtracije i dr);
- Dinamičnosti procesa bušenja sa pojavom udara na kontaktu površina između stuba jezgra i između otkinutog stuba jezgra i dna bušotine (kontakt jezgro-jezgro i jezgro-masiv);
- Dinamičkog dejstva reznih elemenata bušaće glave na formirani stub jezgra, usled čega dolazi do nastanka prsline i kidanja jezgra od dna bušotine (kontakt jezgro-bušaća glava);
- Rotacija pribora za prihvatanje jezgra može doći do odgovarajućih proklizavanja i ispiranja stuba jezgra i dna bušotine (kontakt jezgro-jezgrene cev).

Međutim, u svim ovim slučajevima smanjuje se samo linijska vrednost stuba jezgra u odnosu na probušeni interval, pomeranje jezgra u pribor za prihvatanje jezgra se ne prekida i bušenje se nastavlja prstenastim dnom bušotine.

Ako se materijal jezgra zaklinjava unutar pribora za prihvatanje jezgra, tada će pristizanje novoformiranih stubova jezgra unutar jezgrene cevi biti zaustavljeno i oni se razaraju i drobe na dnu bušotine. U nizu slučajeva ovo može biti praćeno smanjenjem mehaničke brzine bušenja. Uzroci ovoga mogu biti:

- Trošenje reznih elemenata bušaće glave iznad dozvoljenog, usled čega se povećava prećnik jezgra koji se zaklinjava unutar pribora za prihvatanje jezgra;
- Visoka ispucalost naslaga kroz koje se buši i većeg ugla pada slojeva, dolazi do lomljenja stuba jezgra pod uglom i kao posledica toga dolazi do zaklinjavanja jezgra unutar pribora, kao i mogućnosti samorazrušavanja jezgra na većoj dubini u uslovima složeno-napregnutog stanja na dnu bušotine.

Svi ovi uzroci dejstvuju neprekidno pri bušenju bilo kojih stena, medjutim, pravilnim izborom pribora mogu biti znatno umanjeni, ili potpuno eliminisani. Tako na primer, primenom **duple jezgrene cevi** omogućeno je dobijanje visokokvalitetnog neporemećenog jezgra, zaštićenog od uticaja mlaza isplake, vibracija kolone bušaćeg pribora i njegovo iznošenje na površinu.

Za dobijanje reprezentativnog jezgra uglja nije dovoljna samo upotreba duple jezgrene cevi sa nepokretnom unutrašnjom cevii, već i **izbor krune, prećnika jezgrenih cevi**, najpovoljnijeg režima bušenja, kao i **specijalni tehnički uređaj** koji signalizira momenat ulaska krune iz krovinskih stena u sloj uglja. Signal mora da bude trenutno prenesen na pult bušaća. Za ovo se koriste signalizatori presecanja sloja uglja koji na sebi imaju instalirane predajnike koji reaguju na promenu mehaničke brzine bušenja, ili osnovog opterećenja.

#### **4. ORGANIZACIONI FAKTORI KOJI UTIČU NA KVALITET I KVANTITET JEZGRA**

Uspešnost dobijanja što većeg procenta jezgra zavisi i od mera koje preduzimaju tehnića lica kod bušenja radi što potpunijeg realizovanja tehnićko-tehnoloških zahteva. U te mere mogu da se svrstaju: izrada prognoznog geološkog profila u kome se predviđa bušenje, obezbedjenje odgovarajućeg pribora za bušenje i stalna kontrola mernih instrumenata, stalno održavanje pribora za bušenje, a takode i kvalifikaciona struktura radnika mora da bude na odgovarajućem nivou da bi se realizovao optimalni režim bušenja.

Potrebno je takode redovno praćenje izvođenja samog procesa bušenja i samog vađenja jezgra u toku izvođenja istražnog bušenja.

#### **5. IZBOR METODE JEZGROVANJA U RAZNIM FAZAMA ISTRAŽIVANJA LEŽISTA UGLJA**

##### **Prospekcijski istražni radovi-**

Istražno bušenje u znatnom obimu uvodi se već u prospekcijskom istraživanju. U toj prvoj fazi pronalaženja ležišta uglja postavljaju se posebni zahtevi o geološkoj informativnosti svake izbušene bušotine.

Na osnovu analize dobijenog jezgra u procesu bušenja, utvrđuje se stratigrafija, tektonika ugljenog sloja, određuje se vrsta uglja i mogućnosti njegovog korišćenja, sprovode se paleontoloska i litološka izučavanja i izrađuje se osnovni geološki profil u kome se izdvajaju reporni horizonti. U cilju rešavanja ovih zadataka neophodno je da se primeni takav način bušenja, koji će pri maksimalnoj tehno-ekonomskoj efektivnosti omogućiti dobijanje zadovoljavajućeg procenta nenarušenog jezgra po celom profilu bušotine.



Dubina bušotine, u fazi prospekcijskih istraživanja, ograničava se moćnošću produktivnih naslaga, ili tehničkim mogućnostima bušenja. Ako je projektovana dubina bušotine veća od 500 m, a buši se kroz stene srednje bušivosti (iznad VI kategorije stena po bušivosti), treba na primer primeniti sistem bušenja sa izvlačenjem uređaja za jezgrovanje pomoću užeta, koji će omogućiti dobijanje jezgra visokog kvaliteta. Međutim, ako stene poseduju visoku čvrstoću, najracionalnije je da se primeni klasično rotaciono bušenje dijamantskim krunama uz veliki broj obrtaja. U procesu bušenja kroz krovinske stene, za prihvatanje jezgra primenjuje se jednostruka jezgreća cev, dok se kroz sloj uglja jezgrovanje izvodi duplim jezgrenim cevima, a čak u nekim slučajevima i troduplim.

U slučaju, kada sloj duboko ne zaleže (do 300 m) i kod okonturivanja ugljenog sloja, najveći pozitivni ekonomski efekti se postižu primenom hidrottransporta jezgra. Brzina ove, tehnologije jezgrovanja prevazilazi nekoliko puta brzinu dijamantskog jezgrovanja sa potpunim dobijanjem jezgra nabušenih stena/uglja.

### **Prethodna (preliminarna) istraživanja-**

U ovoj fazi istraživanja, a na osnovu podataka istražnog bušenja potrebno je utvrditi osnovne parametre ugljonosnosti, broj slojeva, njihova moćnost, građa i njihova ujednačenost (promenljivost), tektonska gradja ležišta, kvalitet uglja, orijentaciona raspodela rezervi uglja prema tipu, sadržaju pepela i sumpora, geološki i hidrogeološki uslovi razrade ležišta.

U fazi prethodnih istraživanja, jezgrovanje treba sprovoditi samo kroz slojeve uglja. Bušenje bez jezgrovanja, u cilju povećanja brzine bušenja, primenjuje se kroz naslage bez uglja krovinske stene i intervale okolnih stena koje su detaljno izučene u prethodnoj fazi istraživanja. Imajući u vidu da krovinske stene spadaju u grupu stena sa malom bušivosti, za njihovo bušenje treba primeniti dleta režućeg tipa ili konusna dleta. Posebno visoki zahtevi u fazi preliminarnih istraživanja predstavlja kvalitet oprobavanja slojeva uglja, što se može postići isključivo dobijanjem visokog procenta nenarušenog jezgra (preko 80%), kroz sloj/slojeve uglja.

Pri srednjoj čvrstoći stena (iznad VI kategorije stena po bušivosti) i većoj srednjoj dubini (preko 500 m), treba predvideti, pri povoljnim ostalim geološkim uslovima, bušenje sa velikim brojem obrtaja i tehnologiju sistema sa izvlačnjem uređaja za jezgrovanje pomoću užeta. Kod plitkih bušotina (do 300 m), preporučuje se tehnologija hidrottransporta jezgra.

**Detaljna istraživanja** i troškovi na detaljnim istraživanjima su 3-4 puta veći od troškova za sve prethodne istražne radove zbog čega je neophodno predvideti najekonomičnije tehnologije bušenja. U delovima gde je moguće koristiti geološke informacije dobijene u prethodnim fazama istraživanja, primenjuje se bušenje bez jezgrovanja, uz korišćenje rezultata geofizičkih istraživanja. Raspoložuci preciznim informacijama o geofizičkim parametrima moguće je planirati bušenje sa manjim brojem bušotina na većim rastojanjima (ređa istražna mreža bušotina). Na ležištima sa složenim hidrogeološkim uslovima potrebno je primeniti bušenje istražnih hidrogeoloških bušotina većeg prečnika. U intervalima gde je predviđeno bušenje bez jezgrovanja to su stene po bušivosti iznad VI kategorije, potrebno je primeniti udarno-rotaciono bušenje konusnim dletom, ili dleto sa sintetički tvrdim materijalima.

Intervali slojeva uglja i stene podine i krovine koje se buše sa jezgrovanjem, tretiraju se klasičnim rotacionim bušenjem sa dijamantskom krunom uz primenu duple jezgreće cevi. Ako geološka građa ležišta nije složena primenjuje se sistem bušenja sa izvlačenjem uređaja za jezgrovanje pomoću užeta.

Za dobijanje proba uglja veće mase (50-200 kg) koje su neophodne za tehnološka spitivanja, primenjuje se tehnologija usmerenog višekanalnog bušenja u cilju višekratnog presecanja sloja uglja iz jedne bušotine.

Na osnovu svih rezultata laboratorijskih ispitivanja kvaliteta uglja (uzorka uglja dobijenog jezgrovanjem) u stanarskom basenu, a pri tom imajući u vidu i rezultate pojedinačnih analiza, kao i stepen istraženosti i poznavanje pojedinih dijelova basena, može se u pogledu opšte ocene kvaliteta zaključiti sledeće:

- Ugalj stanarskog ugljenog basena je tipičan lignit svetlo-smeđe do crne boje i drvenaste strukture. Sastavljen je od ksilitne, humitske i zemljaste komponente, koje su u ugljenom sloju međusobno povezane. Ksilitne partije, koje preovlađuju, imaju iverast prelom dok humitsko-zemljaste partije imaju nepravilan prelom.
- Stanarski ugalj ima nizak sadržaj pepela, izrazito nizak sadržaj sumpora, visok sadržaj vlage i nizak stepen karbonifikacije.
- Ugalj u severnom delu basena ima bolje kvalitativne osobine (veće kalorične vrednosti uglja i manji sadržaj pepela) u odnosu na južni deo basena.
- Kvalitativne osobine uglja se menjaju kako po položaju u basenu tako i po dubini ugljenog sloja. Prema spoljašnjim delovima basena (izdanačkim zonama) i gornjim delovima ugljonosnog sloja raste procenat pepela, a opada kalorična moć (zbog većeg sadržaja jalovih komponenti i manjeg stepena karbonifikacije), dok je obrnut slučaj u odnosu na centralne delove basena i dublje delove ugljonosnog sloja. Promena kvaliteta uglja kako u petrološkom smislu, tako i u smislu onečišćenja jalovim primesama najviše se vidi na sadržaju pepela.
- Praćenjem kvaliteta uglja iz proizvodnje, tj. sa separacije, koje je obavila i obavlja laboratorija rudnika, dobijene su približno iste vrednosti za parametre ukupne vlage, pepela i DTV, kao i za proračunate srednje vrednosti tih parametara za severni deo basena. Zato se dati podaci statističke obrade analiza kvaliteta uglja iz proizvodnje, mogu koristiti kao dopuna podataka ispitivanja kvaliteta za navedeni deo basena.
- Takođe se na P.K. „Raškovac“ u toku eksploatacije, stalno vrši uzimanje uzoraka uglja sva tri sloja metodom grube brazde, vrše laboratorijske analize i dobijaju rezultati tehničke analize za pojedinačne ugljene slojeve i termotehničke karakteristike uglja kao energetskog goriva.

## ZAKLJUČAK

Za pravilnu ocenu rezervi i kvaliteta ugljeva neophodno je raspolagati originalnim i reprezentativnim materijalom, tj. uzorcima dobijenim u procesu jezgrovanja produktivnih intervala slojeva uglja. Reprezentativnost uzoraka uglja je u funkciji brojnih tehničkih, tehnoloških, geoloških, organizacionih, ekonomskih i subjektivnih faktora. Sve faktore procesa jezgrovanja neophodno je optimizirati, uskladiti i sinhronizovati, jer su međusobno povezani. Napredak i usavršavanje tehnike i tehnologije jezgrovanja je uglavnom usmeren u pravcu povećavanja brzine i ekonomskih efekata procesa, što se u određenim uslovima nepovoljno odražava na kvalitet i reprezentativnost jezgrovanog materijala.

Istražne bušotine na istraživanju ležišta uglja se pre svega realizuju zbog reprezentativnih i realnih uzoraka, kao najpouzdanijim izvorima informacija o osobinama, količini i kvalitetu uglja. Smatram da je u našim uslovima neophodno posvetiti mnogo veću pažnju operacijama jezgrovanja - dobijanja uzoraka ugljonosnih ležišta, kao i načinu uzimanja uzoraka u toku eksploatacije uglja, ne samo sa tehničkog već pre svega sa tehnološkog i stručnog aspekta.

## LITERATURA

1. Bergstajn O.JU., Velikoselskij M.A., Vugin R.B.: Soversestvovanie metodov i sredstv otbora kerna b glubokom bureniju. Nedra. Moskva, 1977.
2. Gajdukov JU.I.: Metodiceskie rekomendacii po primeneniju razlicnih sposobov i vidov burenija pri razvedke ugolnih mestorozfenija. Rostov N/D: VNIGRI ugol, 1980.
3. Elaborat o klasifikaciji kategorizaciji i proračunu rezervi uglja stanarskog ugljenog basena sa stanjem 31.12.2004. godine, Republički zavod za geološka istraživanja, Zvornik , 2005.
4. Hrković K.: Istražno bušenje: Ciljevi, tehnika i tehnoloski procesi, Rudarsko-geoloski fakultet, Katedra ekonomske geologije. Beograd, 1992.
5. Novikov G.P., Belkin O.K., Kljujev L.K.: Spravocnik po bureniju skvazin na ugol, Nedra, Moskva, 1988.

# GEOFIZIČKA – GEOELEKTRIČNA ISTRAŽIVANJA IZVORIŠTA PODZEMNE VODE TEOČAK

Eldar Husejnagić\* Erna Mandžić\*\* Kenan Mandžić\*\*\*

## REZIME

Cilj geofizičko – geoelektričnih istraživanja je da se definiše najpovoljnija mikrolokacija za izradu istražnih strukturno-pijezometrijskih bušotina, a koje bi služile za definisanje osnovnih i izvedenih hidrogeoloških parametara podzemne izdani izvorišta Teočak .

Geofizičko-geoelektrična istraživanja izvedena su po metodi vertikalnog geoelektričnog sondiranja - VES uz primjenu Schlumbergerovog simetričnog elektrodnog rasporeda.

Urađeno je ukupno 9 geoelektričnih sondi – GS. Na osnovu geofizičkih i geoelektričnih istraživanja pristupilo se izradi strukturno – pijezometrijske bušotine. Mikrolokacije geoelektričnih sondi kao i krajnji polurazmak strujnih elektroda AB/2 za svaku od njih je određivan *in-situ* na osnovu direktnih preliminarnih rezultata istraživanja.

Povezivanjem ovih rezultata geoelektričnih istraživanja sa rezultatima istražnog bušenja i hidrogeološkim testiranjima, moguće je ostvariti značajne uštede u materijalnom i vremenskom i svako drugom pogledu.

**Ključne riječi** : geofizičko-geoelektrična istraživanja, istražne bušotine, lokacija, geoelektrične sonde.

## SUMMARY

The goal of geophysical and geoelectrical explorations was to define the most suitable micro location for creation of structural-piezometric boreholes for research, which could be used for defining of basic and hydrogeological parameters of underground water basin of Teočak well.

Geophysical and geoelectrical explorations are conducted by the method of vertical geoelectrical probing – VES with appliance of Schlumberger symmetrical arrangement of electrodes. The total of nine geoelectrical probes was done. Based on results of geophysical and geoelectrical explorations, structural-piezometric borehole was constructed. Microlocation of geoelectrical probes as well as the ultimate half distance for each electric probe AB/2 was determined in situ based on direct preliminary results of explorations.

Combining these results of geoelectrical explorations with results from research borehole and hydrogeological explorations, it is possible to achieve considerable financial and time saving.

**Key words**: geophysical and geoelectrical explorations, research boreholes, location, geoelectrical probes

---

\* Eldar HUSEJNAGIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

\*\* Erna MANDŽIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

\*\*\* Kenan MANDŽIĆ, Univerzitet u Tuzli, RGGF

# 1. UVOD

## 1.1 Geofizičke metode

### 1.2

Osnovni cilj geofizičkih istraživanja jeste otkriti geološki sastav i građu stijena u podzemlju, petrologiju stijena, kao i njihovo stanje (kompaktnost, raspucanost, škriljavost i dr...). Geofizička istraživanja primjenjuju se u istraživanju vode, ugljikovodika, čvrstih mineralnih sirovina, za rješavanje inženjersko – geoloških i geotehničkih problema. Disciplina koja se bavi geofizičkim istraživanjima naziva se primijenjena geofizika.

## 1.3 Geoelektrične metode

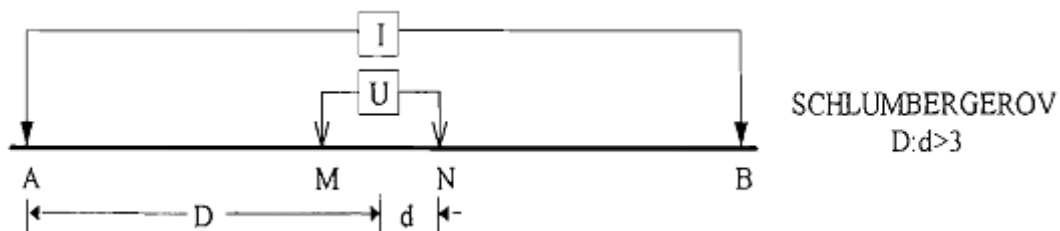
### 1.4

Geoelektrične metode se zasnivaju na primijeni prirodnih i vještačkih električnih i elektromagnetskih polja. Prirodna polja su globalnog karaktera, kao što je elektromagnetsko polje zemlje i lokalnog – polje sopstvenog potencijala. Vještačka polja se stvaraju neposrednim odašiljanjem jednosmjerne ili naizmjenične struje u zemljište ili indukcijom strujnih tokova u terenu od strane magnetskog polja stvorenog na površini.

Geoelektrično sondiranje je veoma pouzdana metoda kod ispitivanja horizontalno uslojenih (ili blago nagnutih) sredina u hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji. Odvija se u sukcesivnom razmicanju strujnih elektroda u donosu na centar dispozitiva čime se povećava dubina ispitivanja, a na osnovu registrovanih razlika potencijala između prijemnih elektroda, moguće je utvrditi geološku građu istraživanog terena.

Postoje dva načina električnog sondiranja – vertikalno elektročno sondiranje (VES) i dipolno električno sondiranje (DES). Pri istraživanju manjih dubina (do 1000 m), preporučuje se primijena VES, a za veće dubine je efikasnija DES. Tip sondiranja se bira i prema topografskim uslovima i tipu dispozitiva. Kod oba navedena načina sondiranja, najčešće se koristi četvero elektrodni dispozitiv poznat kao Schlumbergerov raspored.

Schlumbergerov raspored se najčešće koristi za geoelektrično sondiranje, slika br. 1.. Osnovan odlika mu je vrlo malen razmak potencijalnih elektroda MN (teoretski beskrajno malen). U odnosu na razmak strujnih elektroda AB. U praksi se uzima da je razmak MN 3 do 4 puta manji od razmaka AB.



Slika br.1 Schlumbergerov raspored

Prilikom sondiranja Schlumbergovim rasporedom mjerenja se izvode na standardnim udaljenostima strujnih elektroda, i isto tako s nekoliko unaprijed određenih udaljenosti potencijalnih elektroda koje zavise o udaljenostima strujnih elektroda.

Interpretacija krivih električnog sondiranja ( ES ) može biti kvalitativna i kvantitativna. Rezultat kvalitativne interpretacije, koja predstavlja prvu ali često i jedinu etapu, su razne karte : tipova krivih ES, izolinja za različita rastojanja elektroda, prognoznih dubina do reperne sredine itd.. Kvantitativna interpretacija se zasniva na korelaciji mjernih krivi sondiranja sa teoretskim krivima dobijenim analitičkim ili grafičkim putem. Pri tome podudarnost mijerne i teoretske krive ukazuje na tačnost interpretacije. Prema postojećim analizama, učešće metode geoelektričnog sondiranja u primijeni svih geoelektričnih metoda pri rješavanju različitih zadataka je 80 pa čak i 90 %.

Njena uloga je naročito značajna u inženjersko geološkim i hidrogeološkim istraživanjima:

- određivanje podzemnih bazena i rovova zapunjenih kvartarnim ili tercijarnim vodonosnim sedimentima;
- određivanje strukturnih barijera koje utiču na tokove podzemnih voda;
- utvrđivanje granice između slane i slatke vode u primorskim područjima;
- određivanje baze karstifikacije, pravca karstifikacije i intenziteta skaršćenosti;
- utvrđivanje rasjeda i rasjednih zona.

## **2. ISTRAŽIVANJA NA TERENU TEOČAK**

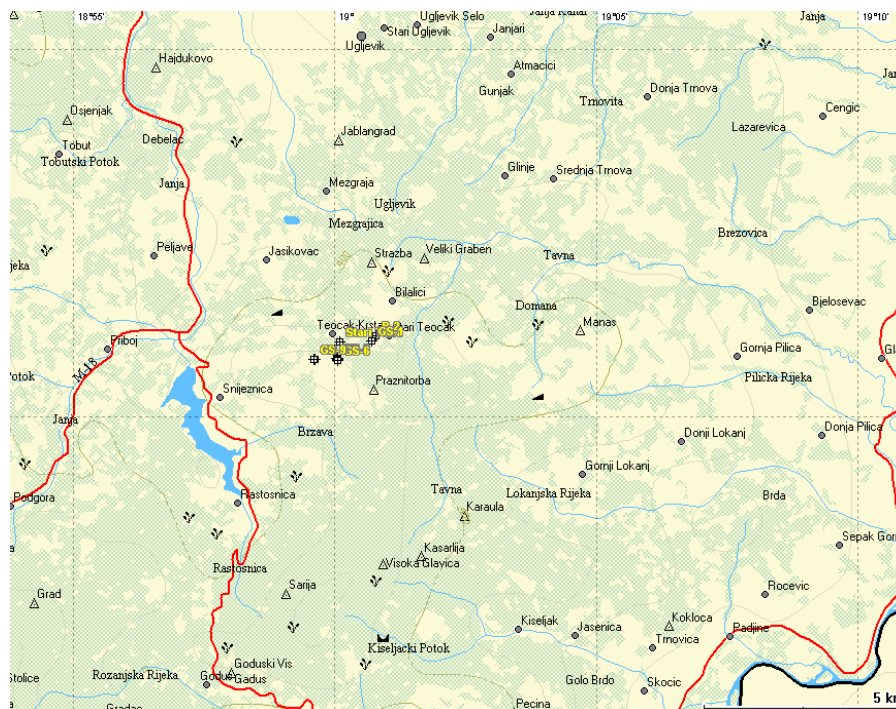
### **2.1 Lociranje istražne bušotine**

Istražna bušotina B-1 locirana je 500m jugozapadno od Starog Teočaka na brdu Mejdan. Lociranje bušotine je urađeno sa GSM aparatom tipa Garmin 12, a podaci su obrađeni softverskim paketom GPSTrackMacer i softverskim paketom MapSource, slika br.1 i slika br.2.

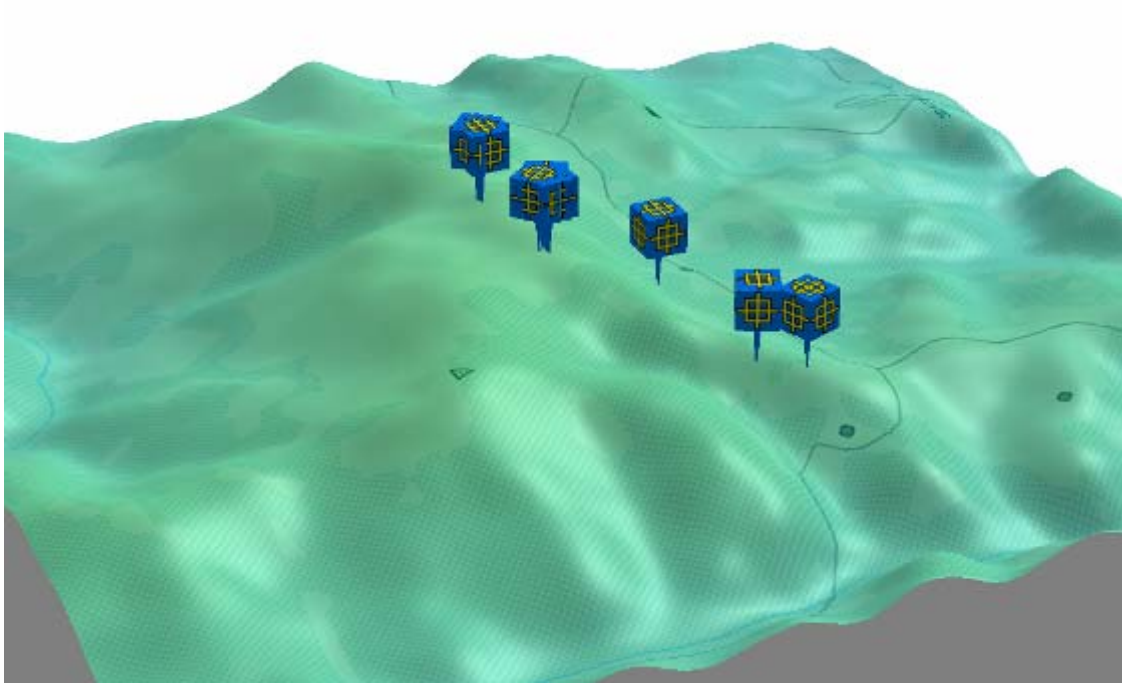
Teren na kome je locirana istražna bušotina u geološkom pogledu pripada gornjoj kredi-senonske starosti (  $K_2^2$  ). U litološkom pogledu dominiraju bankoviti i masivni krečnjaci koji leže diskordantno preko tamnosivih belerefonskih krečnjaka i svjetlih krečnjaka bez faune gornjo permske-trijaske starosti. Takođe, diskordantno preko gornjokrednih krečnjaka leže tvorevine donje do srednje eocenske starosti predstavljene pješćarima laporcima i laporovitim škriljcima.

Raznolik litološki sastav uvjetuje i pojavu velikog broja izvora, koji su većinom slabe izdašnosti. Oni su silazno-gravitacionog tipa a djeluju kao kontaktni i pukotinski. Kontaktni su u zonama graničnih područja izolatora i kolektora, tj. laporaca, škriljaca, glinaca s jedne strane, te krečnjaka, pješćara i konglomerata s druge strane.

Izvori su ispod 0,1 l/s redovito, a prosječno od 0,1-1,0 l/s. Izvori se javljaju u strmim padinskim stranama rječica i potoka nešto iznad aktivnog toka. Ovakvi izvori nemaju visok koeficijent neravnomjernosti maksimalne i minimalne izdašnosti.



**Slika br.1** Makro lokacija istražnih bušotina i geoelektričnih sondi Teočak



**Slika br.2** Mikro lokacija istražnih bušotina B – 1 i geoeletričnih sondi GS

### **3. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Cilj geofizičko-geoeletričnih istraživanja na lokaciji izvorišta podzemne vode Teočak, bio je da se definiše najpovoljnija mikrolokacija za izradu istražno strukturno-pijezometarske bušotine, predviđene za definisanje osnovnih i izvedenih hidrogeoloških parametara podzemne izdani izvorišta, odnosno neophodnih hidrogeoloških parametara i karakteristika izdani na bazi kojih bi se pristupilo projektovanju i izradi istražno-eksploatacionog vodozahvatnog objekta.

### **4. VRSTA I OBIM GEOFIZIČKO-GEOELEKTRIČNIH ISTRAŽIVANJA**

Geofizičko-geoeletrična istraživanja izvedena su po metodi vertikalnog geoeletričkog sondiranja - VES uz primjenu Schlumbergerovog simetričnog elektrodnog rasporeda.

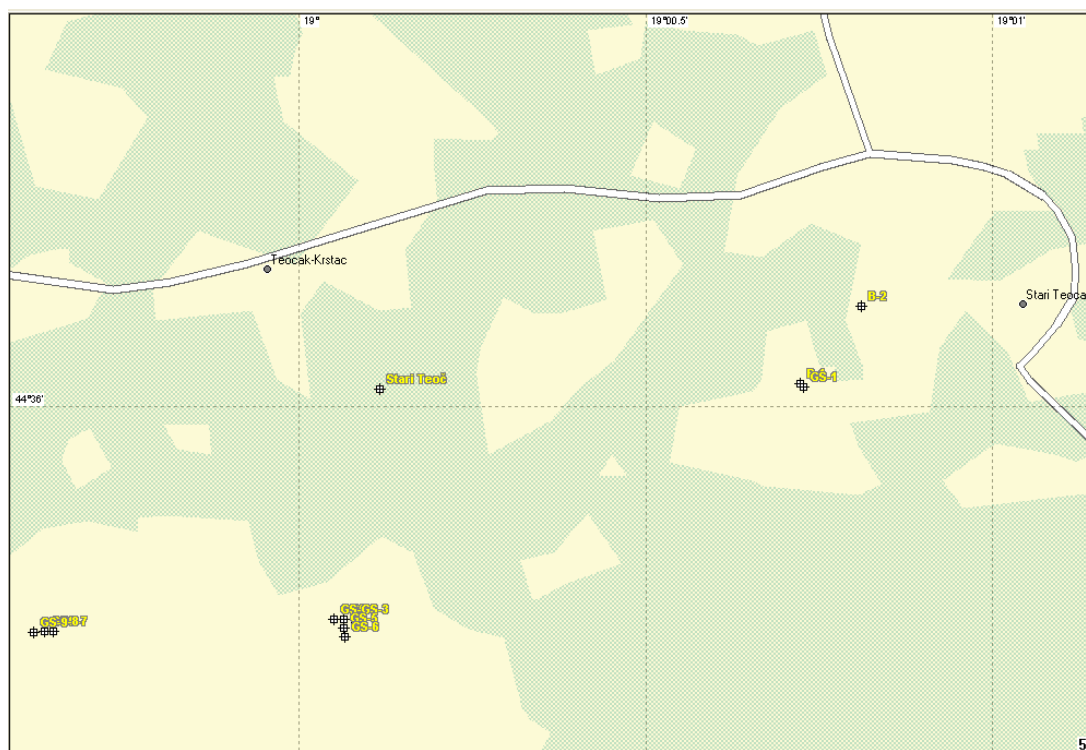
Urađeno je ukupno 9 geoeletričnih sondi GS, od kojih je 6 sondi locirano u dva okomita profila sa zajedničkom sondom, dok su 3 sonde, locirane izvan ova dva profila. Raspored sondi po profilima sa maksimalnim polurazmakom strujnih elektroda  $AB/2$  je sljedeći, tabela T-1:



Tabela T -1

<b>Geoelektrčina sonda</b>	<b>Profil</b>	<b>AB/2 [m]</b>
GS-1	-	250
GS-2	I	200
GS-3	I	200
GS-4	I	200
GS-5	II	200
GS-6	II	200
GS-7	III	300
GS-8	III	300
GS-9	III	300

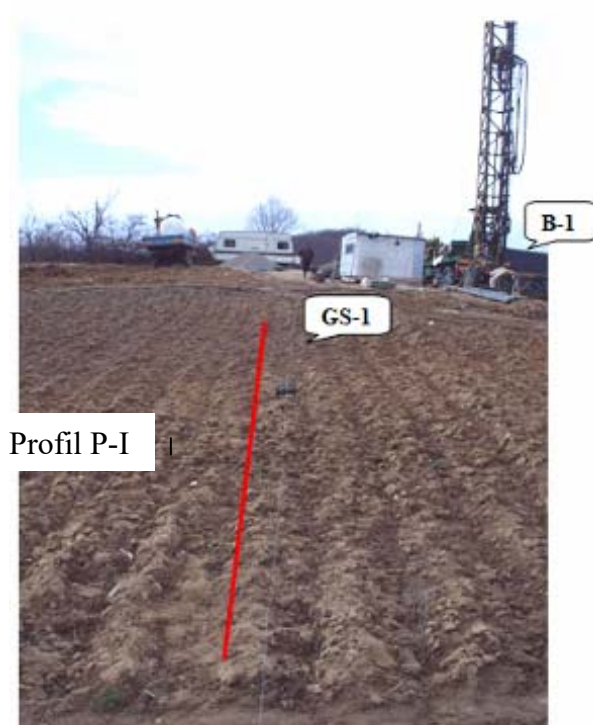
Prostorni raspored lokacija geoelektričnih sondi i geoelektričnih profila prikazan je na slici br. 3, (karta položaja geoelektričnih sondi vertikalnog geoelektričnog sondiranja na lokaciji izvorišta podzemne vode na području Teočaka).



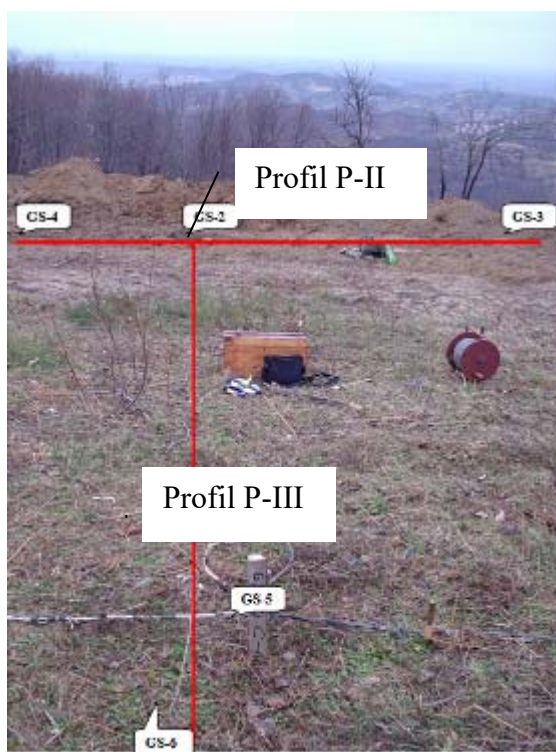
**Slika br.3** Karta položaja geoelektričnih profila VES na lokaciji Teočaka

Mikro lokacije geoelektričnih sondi kao i krajnji polurazmak strujnih elektroda AB/2 za svaku od njih je određivan *in-situ* na osnovu direktnih preliminarnih rezultata istraživanja.

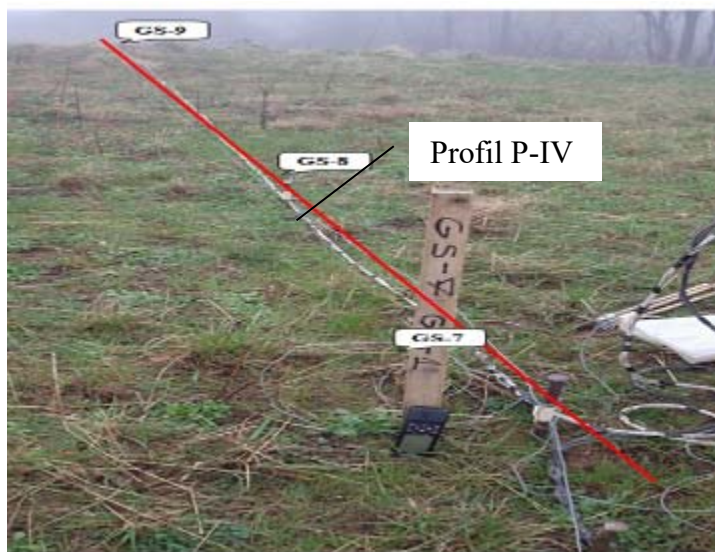
Na slikama br. 4, br. 5 i br. 6 , prikazani su fotografski snimci lokacija, odnosno metodologija geoelektričnih mjerenja na nekim od geoelektričnih sondi



**Slika br. 4** Dispozicija geoelektrične sonde GS-1 i lokacija istražne bušotine B-1



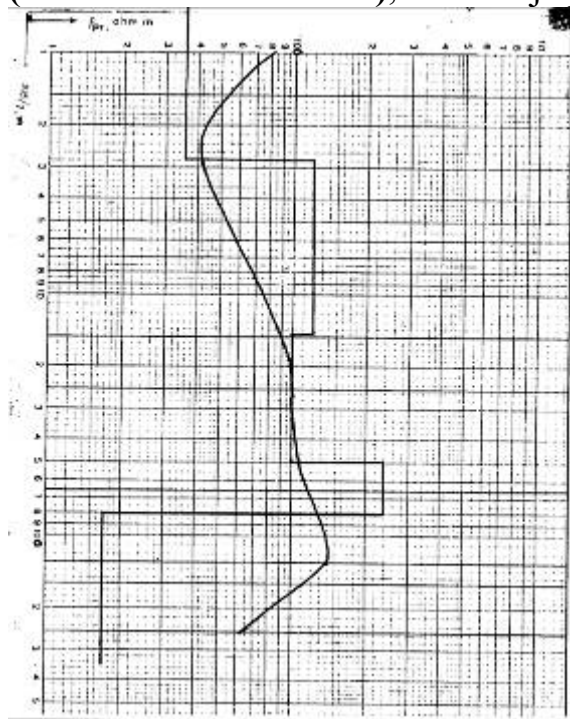
**Slika br. 5** Dispozicija geoelektrične sondi GS-2, GS-3, GS-4 Profil I I geoelektričnih sondi GS-5, GS-6 Profil II Teočak



**Slika br. 6** Dispozicija geoelektrične sondi GS-7, GS-8 i GS-9 Profil III Teočak

## 5. REZULTATI GEOFIZIČKO-GEOELEKTRIČNIH ISTRAŽIVANJA

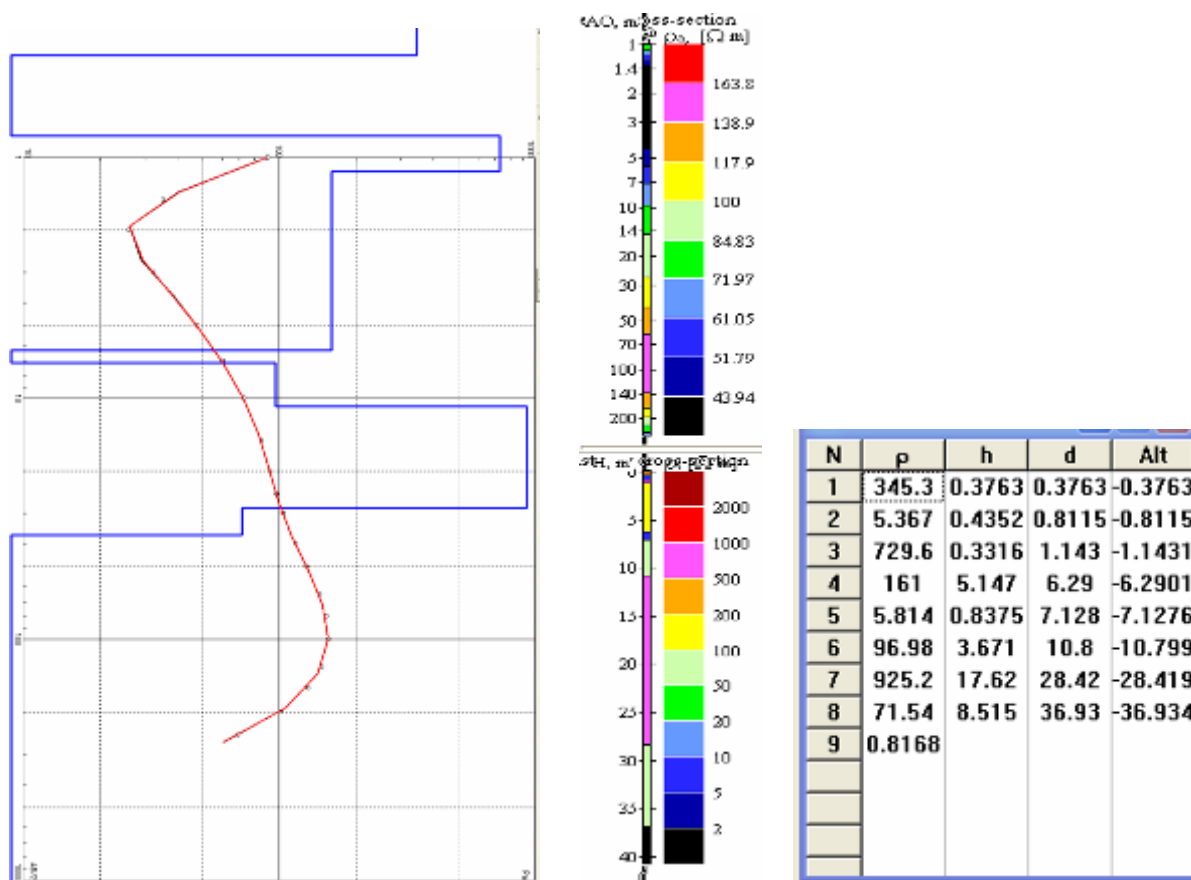
Rezultati geofizičko-geoelektričnih istraživanja na istražnom prostoru smještenom u užoj zoni lokacije izvorišta podzemne vode Teočak, prikazani su **Tabelarno i Grafički (VES GS-1 i VES GS-6)**, kao što je prikazano na slikama br. 7, 8, 9 i 10.



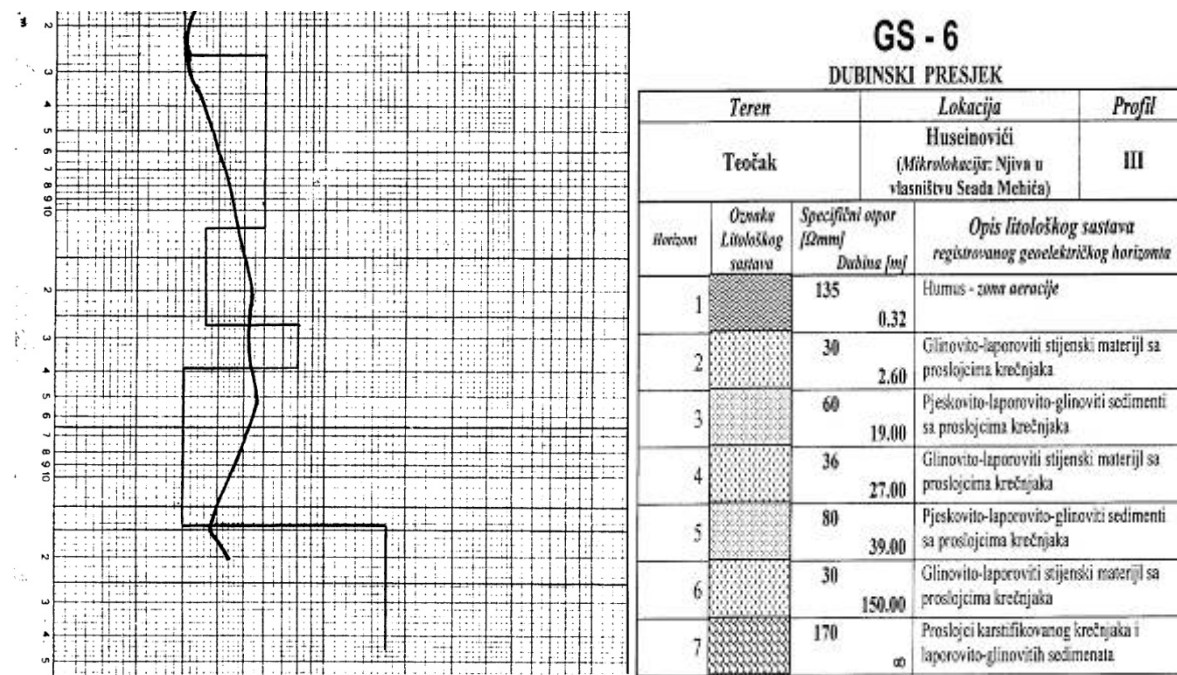
**GS - 1**  
DUBINSKI PRESJEK

Teren		Lokacija		Profil
Teočak		Huseinovići - Mejdani (Mikrolokacije: Eksplozivacioni bunar - BM-3)		I
Metar	Opis litološkog sastava	Specifični otpor (Ωm)	Opis litološkog sastava regitrosnog geoelektričnog horizonta	
1		170 0.40	Humus - zrna aeracije	
2		36 2.80	Glinovito-lapoviti sjajni materijali sa prodoljnim kretanjima	
3		120 14.50	Prodoljno karstifikovani kretanja i lapovito-glinoviti sedimenti	
4		100 50.00	Šljakovito-glinoviti sedimenti sa prodoljnim kretanjima	
5		240 80.00	Karstifikovani kretanja sa prodoljnim kretanjima i lapovito-glinoviti materijali	
6		16 20	Lapovito - glinoviti sjajni materijali	

**Slika br. 7** Vertikalno geoelektrično sondiranje Dubinski presjek GS-1 (ručna obrada podataka VES)

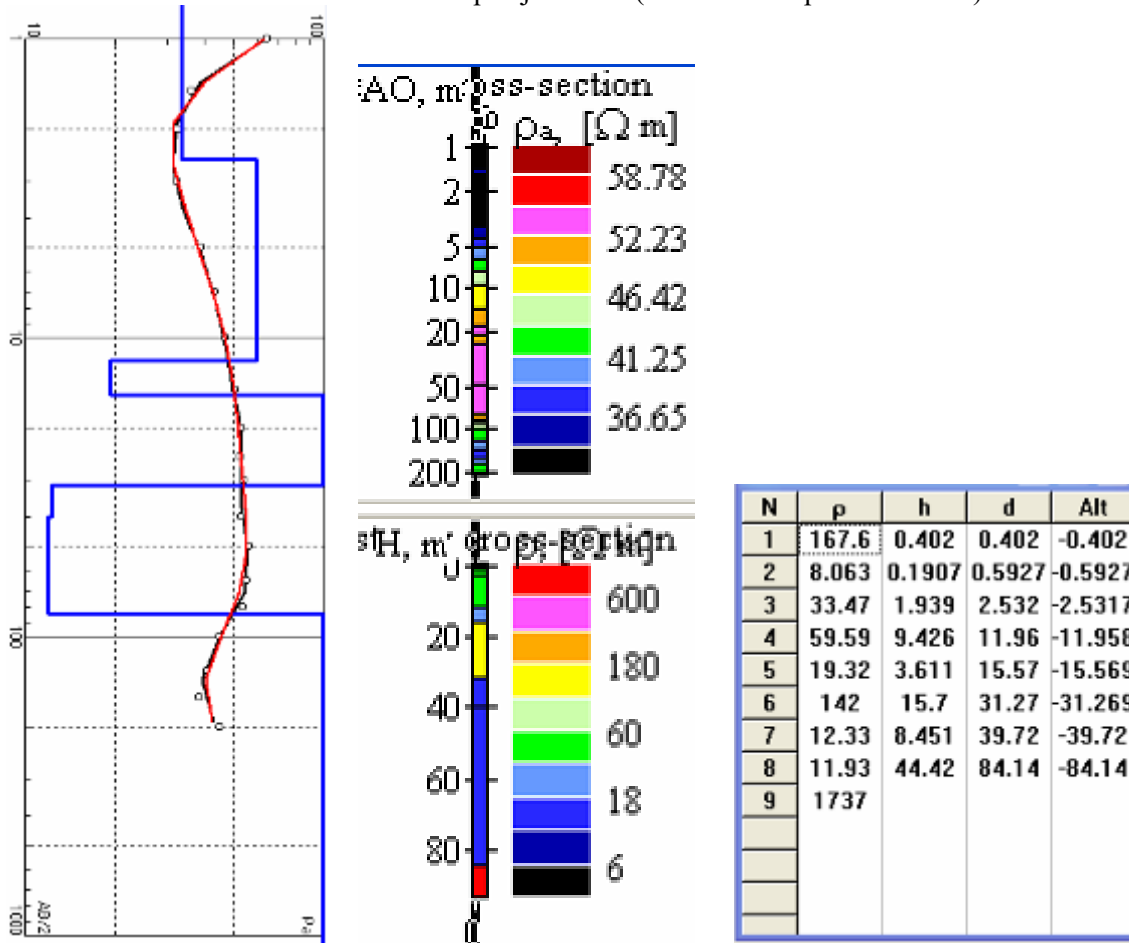


Slika br. 8 Vertikalno geoelektrično sondiranje  
Dubinski presjek GS-1 (elektronska obrada podataka VES)



Slika br. 9 Vertikalno geoelektrično sondiranje

Dubinski presjek GS-6 (ručna obrada podataka VES)



Slika br. 10 Vertikalno geoelektrično sondiranje  
Dubinski presjek GS-7 (elektronska obrada podataka VES)

## 6. DUBINSKI GEOELEKTRIČNI PRESJECI VERTIKALNOG GEOELEKTRIČNOG SONDIRANJA

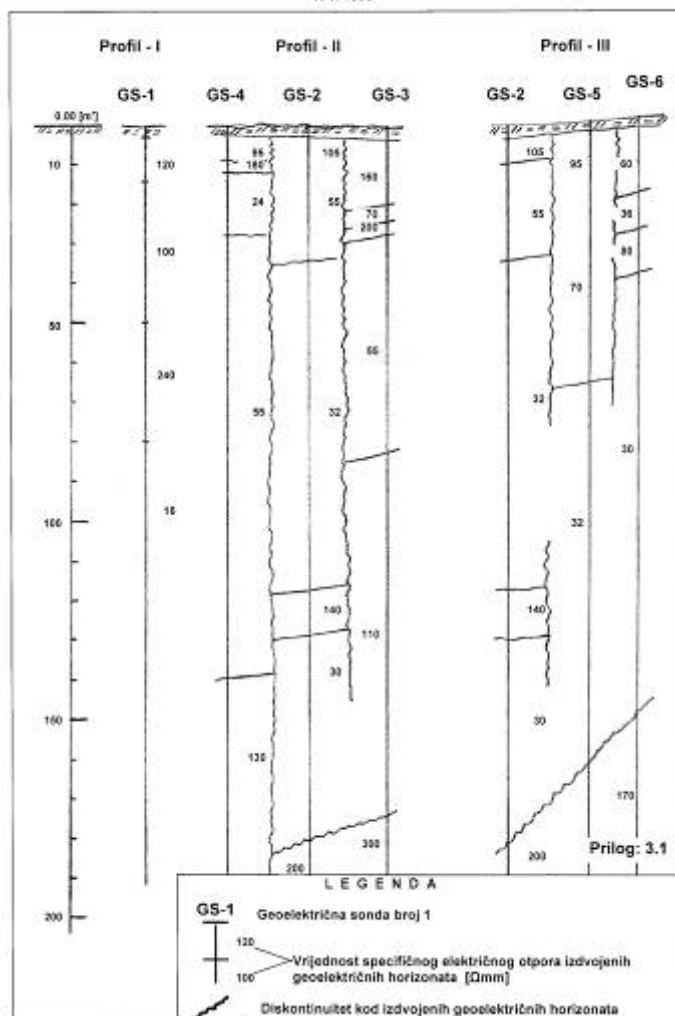
U modelima dubinskih presjeka geoelektričnih sondi je vršena litološka identifikacija izdvojenih geoelektričnih horizonata. Obzirom da u narednim fazama istraživanja na identifikovanim geofizičkim **anomalijama** slijedi izrada strukturalnih bušotina, kojima će se izvršiti i precizna **in-situ**, kako **litološka** tako i **hidrogeološka** identifikacija izdvojenih geofizičko-geoelektričnih horizonata, slika br. 11.

U okviru istražnog prostora evidentna je jasna diferencijacija specifičnog električnog otpora geoelektričnih horizonata i to:

- Do 50  $\Omega\text{m}$
- 50 - 90  $\Omega\text{m}$
- 90 - 300  $\Omega\text{m}$
- 300 - 500  $\Omega\text{m}$
- > 500  $\Omega\text{m}$  (2600  $\Omega\text{m}$ )

## DUBINSKI GEOELEKTRIČNI PRESJECI

R 1: 1000



**Slika br. 11** Dubinski goelektrični presjeci  
 Profil - I R 1 : 500

Dubinski goelektrični presjeci Profil - IV prikazan je na slici br. 12, a predložene su i lokacije za istražne strukturno-pijezometarske bušotine i to:

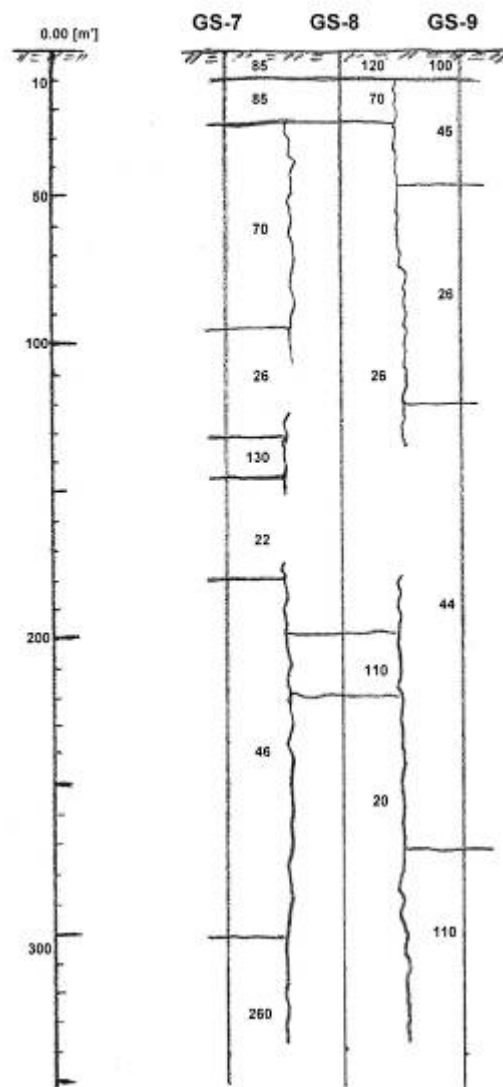
Ž

# DUBINSKI GEOELEKTRIČNI PRESJECI

Profil IV R 1 : 2000

R 1 : 2000

Profil - IV



## LEGENDA

Do 20 Ωmm	Laporovito - glinoviti stjenski materijali
20 - 49 Ωmm	Glinovito-laporoviti stjenski materijl sa proslojcima krečnjaka
50 - 89 Ωmm	Pjeskovito-laporovito-glinoviti sedimenti sa proslojcima krečnjaka
90 - 139 Ωmm	Pjeskovito-glinoviti sedimenti sa proslojcima krečnjaka
140 - 199 Ωmm	Proslojci karstifikovanog krečnjaka i laporovito-glinovitih sedimenata
> 200 Ωmm	Karstifikovani krečnjaci sa proslojcima pejeskovitih i glinovitih stjenskih materijala

Slika br. 12 Dubinski geoelektrični presjeci

Profil - II R 1 : 500



Lokacija druge strukturno-pijezometarske bušotine B-2 je na **8 m od GS-8 u Profilu - IV**, slika br 13.. U toku bušenja ispostavilo se da je registrovani geoelektrični horizont sa vrijednošću specifičnog električnog otpora od 200  $\Omega$ mm (Geoelektrični horizont: 140 - 199  $\Omega$ mm) u litološkom smislu predstavljen proslojcima karstifikovanog krečnjaka i laporovito-glinovitih sedimenata (u hidrogeološkom smislu u ovim stijenskim materijalima moguće je formiranje pukotinske izdani sa malom specifičnom izdašnošću sa evidentnim nekontrolisanim pražnjenjem izdani u vidu izvora sa malom izdašnošću što je sa aspekta vodosnabdjevanja ove izdani su neperspektivne).



**Slika br. 13** Strukturno -istražna pijezometarska bušotine B-3 Tečak

Ako rezultati strukturno-pijezometarskog bušenja i hidrogeoloških testiranja budu pozitivni, odnosno povoljni na prvoj lokaciji bušenja, onda drugu istražnu strukturno-pijezometarsku bušotinu treba locirati tako da omogući lociranje istražno-eksploatacionog vodozahvatnog objekta u zoni lokacije geoelektrične sonde **GS-7 , GS-8 i GS-9**.

U slučaju nepovoljnih rezultata istraživanja u hidrogeološkom pogledu, na drugoj predloženoj mikro lokaciji, onda je Opciona lokacija za drugu istražnu strukturno-pijezometarsku bušotinu na **5m od GS-9 u Profilu – IV** u smjeru SZ.



Slika br. 14 Kartiranje nabušenog jezgra istražne bušotine B-3 Teočak

U ovom slučaju izrada ove strukturno-pijezometarske bušotine treba vršiti tako da se ona može kasnije prevesti u istražno-eksploatacioni vodozahvatni objekat, ako rezultati istraživanja ukazuju na cjelishodnost i tehnoeкономsku opravdanost ovakvog konačnog projektnog rješenja.

## 5. ZAKLJUČAK

Iz grafičkih priloga se na brz jednostavan, pregledan i uočljiv način mogu se sagledati, očitati i dobiti svi relevantni podaci zahtjevani i dobijeni ovom vrstom istraživanja, a neophodni su kako za donošenje ispravnih poslovnih odluka tako i za ispravnu i ekonomičnu realizaciju poslova i radnih zadataka u fazama istraživanja koje slijede.

Predložene lokacije strukturno-pijezometarskih bušotina su date tako da omoguće definisanje hidrogeoloških parametara i karakteristika podzemne izdani, kao i dobijanje odgovora na ključna pitanja od fundamentalnog značaja za potrebe rješavanja problematike perspektivnosti zone izvorišta podzemne vode Teočak za potrebe vodosnabdjevanja (koji stjenski materijali - geofizičko-geoelektrični horizonti, predstavljaju hidrogeološke kolektore, a koji hidrogeološke izolatore itd.).

**Povezivanjem ovih rezultata geoelektričnih istraživanja sa rezultatima istražnog bušenja i hidrogeološkim testiranjima, moguće je ostvariti značajne uštede u materijalnom i vremenskom pogledu ako se odluči ići u proširenje istražnog prostora.**

## LITERATURA

1. Stojanović D., Martinović S., Stanić S., Osnove geofizike I, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerzitet u Beogradu, Beograd 1996. godine,
2. Šumanovac F., Geofizička istraživanja (geoelektrične i seimičke metode), Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1998. godine,
3. Ispitivanje konstrukcija, D. Aničić, Građevinski fakultet Sveučilišta J.J.Strossmayera u Osijeku, Osijek 2002.godine,
4. Husejnagić E., Arsenović Ž., Mandžić K., Elaborat o geofizičko-geoelektričnih istraživanja na lokaciji izvorišta podzemne vode Junakovac na području Bijambarafa, Bijeljina 2006. godine

# GENEZA TERMOMINERALNIH VODA JOŠANIČKE BANJE (CENTRALNA SRBIJA)

<sup>[1]</sup>Dejan Milenić, <sup>[1]</sup>Đuro Milanković

<sup>[1]</sup>Rudarsko-geološki fakultet

Đušina 7

11000 Beograd

dmilenic@yahoo.ie

djuoro2703@yahoo.com

## ABSTRAKT

Veliki broj termalnih, mineralnih i termomineralnih voda u Srbiji, njihova raznovrsnost, i rasprostranjenje, proizvod su uticaja različitih faktora koji utiču na formiranje njihovog hemijskog sastava. Kvalitativne karakteristike termalnih, mineralnih i termomineralnih voda nastaju u različitim geološkim, hidrogeološkim, geohemijskim, i hidrohemijskim procesima u sadejstvu voda, stena i gasova. Pojavljivanje termomineralnih voda na teritoriji Jošaničke Banje povezano je sa mladim (neogenim) magmatizmom i tektonskom aktivnošću koja se odvijala na području Kopaoničke oblasti. Ovaj rad ima za cilj da da doprinos poznavanju geneze termomineralnih voda na području Jošaničke Banje.

**Ključne reči:** Termomineralne vode, geneza, Jošanička Banja.

## 1. UVOD

Jošanička Banja, ili kako se još popularno naziva “zelena vrata Kopaonika”, nalazi se u centralnom delu Srbije na obroncima Kopaonika u dolini reke Jošanice, na nadmorskoj visini od oko 550 metara i jedna je od banja sa najvećom nadmorskom visinom u Srbiji. U neposrednoj blizini Jošaničke Banje se nalazi nacionalni park i planinski centar Kopaonik, kao i veliki broj pešačkih staza i staza za planinarenje. Termomineralni izvori u Jošaničkoj Banji pominju se još u doba Rimljana o čemu svedoče ostaci korišćenih instalacija. Prvo kupatilo u Banji sagradili su Turci u XVIII veku. Lečilišna funkcija Jošaničke Banje razvija se između dva svetska rata kada je izgrađeno novo banjско kupatilo, a banjски kompleks proširen i uređen.

Jošanička Banja se odlikuje značajnim termomineralnim vodnim resursima, kako u pogledu kvantiteta, tako i kvaliteta. Za banju i njenu užu okolinu karakteristična je čitava serija termomineralnih izvora, tačnije može se izdvojiti zona glavnog izvorišta u okviru koga zbirna izdašnost dva primarna izvora iznosi oko 15 l/s, temperature vode 76-78°C (drugi najtopliji izvor u Srbiji). Niz manje izdašnih izvora (van glavne zone isticanja, na lokalitetu Slanište) sa temperaturama voda od 36 do 37°C i ukupnom izdašnošću oko 2 l/s, nalazi se 2 kilometra nizvodno, na levoj obali Jošaničke reke, i ističe na prostoru oko 100 metara dužine i 15-20 m širine. Pored ovih izvora, na teritoriji Jošaničke Banje danas, postoje i dve bušotine B-3 i B-6 iz kojih samoizlivom ističu vode sa temperaturama od 52-56°C.

## 2. PRIMENJENA METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Geneza podzemnih voda je jedno od vrlo značajnih pitanja u hidrohemiji i hidrogeologiji uopšte. Pod genezom termomineralnih voda u smislu ovih istraživanja podrazumeva se utvrđivanje faktora i uslova pod kojima se formiraju termomineralne vode i njihova kvalitativna svojstva na području Jošaničke Banje. Istraživanja koja su izvedena na području istraživanja konceptualno su podeljena u nekoliko etapa:

### A. Prethodna istraživanja

1. Prikupljanje, odabir, analiza i reinterpretacija postojeće fondovske i objavljene literature,
2. Prikupljanje neophodnih podloga za dalja istraživanja (topografskih, geoloških, geomorfoloških i dr.),
3. Definisane maršrute za terenska istraživanja.

### B. Terenska istraživanja

1. Merenje izdašnosti i utvrđivanje osnovnih pokazatelja fizičkih osobina i hemijskog sastava ispitivanih voda na terenu,
2. Uzimanje uzoraka za kompletne hemijske analize.

### C. Laboratorijska istraživanja

1. Izrada hemijskih, gasnih, bakterioloških i radioloških analiza termomineralnih voda.

### D. Kabinetski rad

1. Obrada podataka dobijenih u prethodnim fazama istraživanja,
2. Analiza i interpretacija dobijenih podataka.

## 3. FAKTORI FORMIRANJA TERMOMINERALNIH PODZEMNIH VODA NA PODRUČJU JOŠANIČKE BANJE

Faktori formiranja termomineralnih voda obuhvataju niz pojava koje uslovljavaju različite procese koji menjaju kvalitativna svojstva voda. Faktori formiranja termomineralnih voda mogu biti: glavni i sporedni ili direktni i indirektni. Faktori koji utiču na formiranje termomineralnih voda u Jošaničkoj banji dati su u tabeli 1.

**Tabela 1. Prikaz faktora formiranja kvalitativnih svojstava termomineralnih voda u Jošaničkoj Banji**

FAKTORI FORMIRANJA TERMOMINERALNIH VODA U JOŠANIČKOJ BANJI					
FIZIČKO- GEOGRAFSKI	GEOLOŠKI	HIDROGEOLOŠKI	FIZIČKO- HEMIJSKI	FIZIČKI	VEŠTAČKI

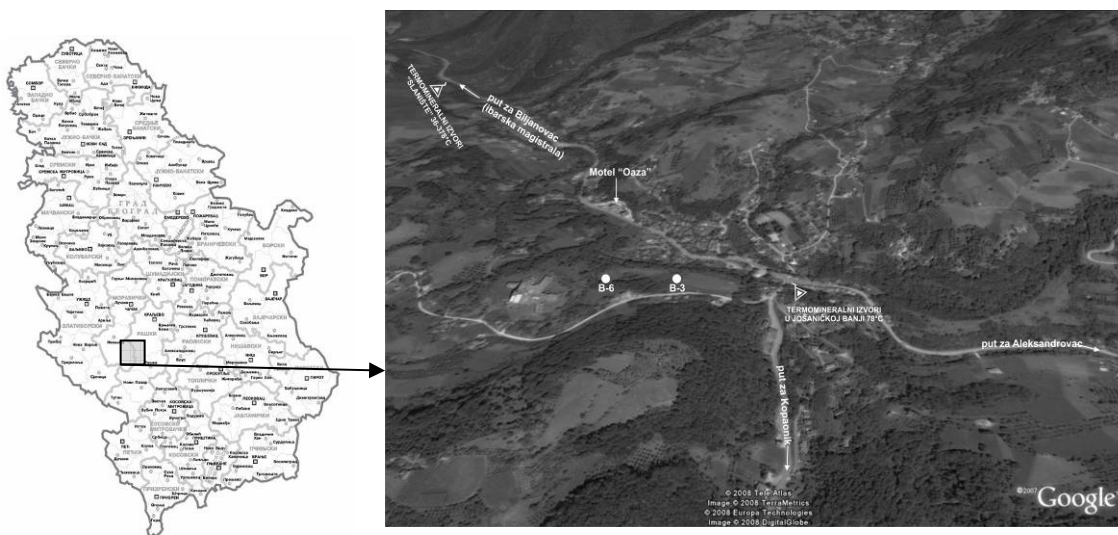
### 3.1. FIZIČKO-GEOGRAFSKI FAKTORI FORMIRANJA TERMOMINERALNIH VODA U JOŠANIČKOJ BANJI

Jošanička Banja se nalazi u centralnoj Srbiji (slika 1) na severnim obroncima Kopaonika (najviši vrh 2.017 mnv, Pančičev vrh).

Faktor koji ima vodeću ulogu u klimatskim odlikama istražnog područja je reljef. Veliki uticaj na klimatske karakteristike ovog područja ima planina Kopaonik. Područje Jošaničke Banje ima većim delom odlike „Klimata malih visina“ i jednim manjim delom „Klimata srednjih visina“.

Na ovom području najveći površinski vodotok je reka Jošanica, generalnog pravca toka istok-zapad. Lokalni drenažni sistem na ispitivanom području po svom strukturnom karakteru pripada paralelnom tipu drenažne mreže, čija je glavna odlika pravilan i paralelan raspored levih i desnih pritoka glavnog drena, reke Jošanice.

Područje Jošaničke Banje pripada brdsko-planinskim terenima, sa jasno razuđenim reljefom. Intenzitet geomorfoloških procesa, koji su oblikovali reljef na ovom prostoru u direktnoj je vezi sa geološkom građom terena, položajem erozionog bazisa i klimatskim karakteristikama. U morfološkom pogledu, ističe se klisurasta dolina reke Jošanice koja deli područje istraživanja na severni i na južni deo. Od geomorfoloških oblika, na ovom području su uočljive i brojne jaruge nastale linijskim dejstvom stalnih i povremenih vodotoka bujičnog karaktera.



Slika 1. Geografski položaj Jošaničke Banje

Raščlanjen reljef uslovljava intenzivniju vodozamenu što pogoduje formiranju malomineralizovanih voda ( $M \sim 0.2$  g/l). Gusta hidrografska mreža, pogoduje intenzivnom procesu vodozamene u vodonosnim horizontima što uslovljava formiranje malomineralizovanih voda ( $M \sim 0.2$  g/l). Klimatski elementi (padavine, temperatura vazduha i isparavanje) ne utiču u znatnoj meri na formiranje hemijskog sastava termomineralnih voda u Jošaničkoj Banji.

### 3.2. GEOLOŠKI FAKTORI FORMIRANJA TERMOMINERALNIH VODA U JOŠANIČKOJ BANJI

Područje Jošaničke Banje se odlikuje heterogenom geološkom građom. Izgrađeno je od magmatskih, sedimentnih i metamorfih stena različite starosti, od najmlađih kvartarnih aluvijalnih naslaga Jošanice, pa do najstarijih paleozojskih škriljaca (slika 2A). Tektonski pokreti koji su se odigrali na području Jošaničke Banje su doveli do stvaranja velikog broja raseda, koji su stvorili dobru predispoziciju za formiranje, cirkulaciju i isticanje termomineralnih voda na području Jošaničke Banje.

#### **Paleozoik (Pz)**

*Serija Sericitsko-hloritskih škriljaca i metamorfisanih peščara (F).* Stene pomenute serije izgrađene su od niskotemperaturnih metamorfih minerala: kvarca ( $\text{SiO}_2$ ), hlorita, sericita, muskovita ( $\text{KA}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ ) i albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ). Škriljci su predstavljeni lepidoblastičnom strukturom, a u pojedinim varijetetima mogu se naći ostaci psamitske strukture. Najveći deo metamorfisanih peščara vodi poreklo od peskovitih i glinovitih sedimenata. U zonama većeg stepena metamorfizma peščari prelaze u sočiva i proslojke pravih kvarcita. Osnovna karakteristika serije sericit-hloritskih škriljaca je prisustvo albita, a ukoliko se uz kvarc, albit i muskovit zapazi prisustvo biotita, reč je o višem stepenu metamorfizma.

*Hlorit-epidot-aktinolitiski škriljci i metabaziti (Sepak).* Prisustvo ovih stena na istražnom terenu je znatno i zauzima centralne i istočne delove terena. Glavna odlika pojavljivanja pomenutih stenskih masa je u obliku većih, konkordantnih masa (slučaj na istražnom terenu) i sočiva u hloritsko-sericitskim škriljcima. Izgrađene su od epidota ( $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})(\text{Si}_3\text{O}_{12})(\text{OH})$ ), aktinolita ( $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{F})_2$ ) i hlorita. Osnovni hemijski proces koji se odigrava u pomenutim stenama je proces albitizacije. Postanak minerala albita vezuje se za retrogradni metamorfizam bazičnih plagioklasa ili za rekristalizaciju u toku metamorfoze, pri čemu dolazi do jonske izmene ( $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{Ca}^{2+}$  u  $\text{Na}^+$ ). Struktura hlorit-epidot-aktinolitiskih škriljaca i metabazita je škriljava do masivna sa karakterističnom zelenom bojom. Pojave isticanja termomineralnih voda Jošaničke Banje i termomineralnih voda na lokalnosti "Slanište" vezane su za ovu formaciju, odnosno njen kontakt sa serpentinitima.

*Kalkšisti i mermeri (M)* Razviće kalkšista i mermera zapaženo je u istočnom delu područja istraživanja. Po habitusu veoma su različiti: kalkšisti, bankoviti mermeri, mermerisani krečnjaci i pravi mermeri, dok su pravi krečnjaci retki. Glavna odlika ovih stenskih masa je visok stepen kristaliniteta, koji je nastao kombinacijom regionalnog i termalnog metamorfizma.

*Harcburgiti ( $\sigma$ ) i serpentiniti (Se).* Ultrabazični magmatiti, odnosno ultramafiti zauzimaju najveće prostranstvo na istražnom području. Na površini terena otkriveni su u centralnim i zapadnim delovima terena, a krupnom tektonskom strukturom su razdvojeni od druge dominantne litostratigrafske jedinice hlorit-epidot-aktinolitiskih škriljaca i metabazita. U okviru ultramafitskog kompleksa zapaženo je više strukturnih elemenata, litaž (obežbeđuje stratiformnost pojedinih delova masiva) i pukotine lučenja. Serpentiniti Kopaoničkog masiva ispresecani su sistemima prslina bez pravilne orijentacije. Mlađi tektonski pokreti izvršili su razlamanje i pokretanje mase serpentinita utiskivanjem u mlađe formacije.

## Neogen(Ng)

**Sitnozrni granodioriti i kvarcdioriti ( $\delta\gamma\rho$ ) i normalno zrnasti granodioriti ( $\delta\gamma$ ).** Pojave sitnozrnih granodiorita (kvarc, intermedijarni plagioklas, alkalni feldspat i bojani minerali) i kvarcdiorita (kvarc, intermedijarni plagioklas i bojani minerali), kao i normalnih zrnastih granodiorita na istražnom području vezane su svakako za postojanje granitoidnog masiva Kopaonika, odnosno u području kopaoničkog i željinskog plutona zapažaju se pojave manjih granitoidnih masa. Ukoliko posmatramo strukturne odnose, manje granodioritske mase predstavljaju apikalne delove navedenih plutona ili njihove dalje apofize. Na istražnom terenu pojave navedenih stenskih masa zapažaju se u jugoistočnom delu terena. U blizini Jošaničke Banje prostire se veća granodioritska masa (oko 4 km<sup>2</sup>) konkordantno utisnuta u seriju paleozojskih škriljaca.

## Kvartar (Q)

Kvartarni sedimenti, gledano van granica istražnog područja, predstavljeni su aluvijalnim i terasnim naslagama, a u okviru same banje nisu zapaženi terasni sedimenti, već samo peskovito-šljunkovite naslage Jošaničke reke.

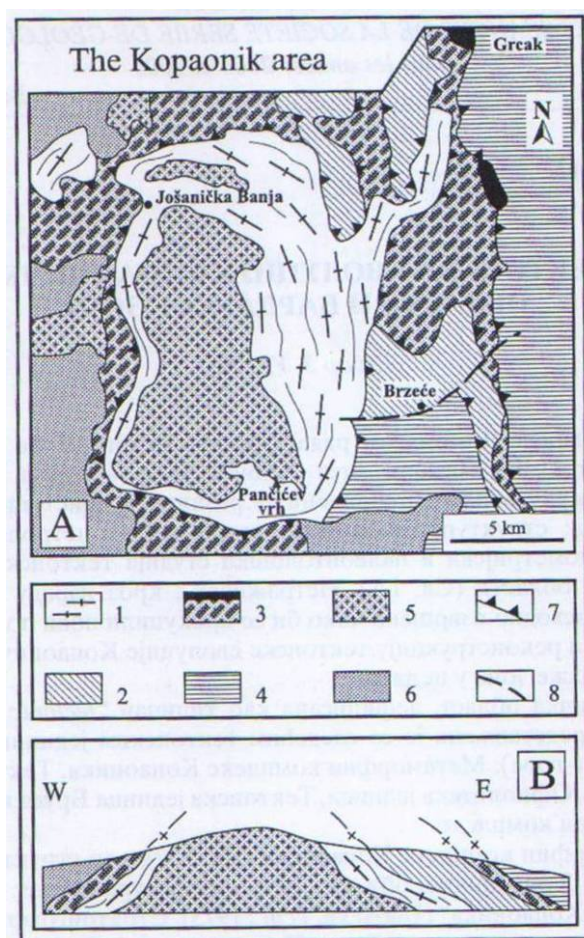
## Tektonika područja Jošaničke Banje

Tektonski pokreti koji su se odigrali na području Jošaničke Banje su doveli do stvaranja velikog broja raseda, koji su stvorili dobru predispoziciju za formiranje, cirkulaciju i isticanje termomineralnih voda na ovom području.

Područje istraživanja prema regionalno-geološkoj podeli terena pripada Šumadijsko-kopaoničkoj geotektonskoj zoni. Kopaonička oblast, kojoj pripada područje Jošaničke Banje, predstavljena je sledećim tektonskim jedinicama (slika 2B): metamorfnim kompleksom Kopaonika, tektonskom jedinicom Brzeća, ofiolitskom jedinicom, tektonskom jedinicom Brusa, i kopaoničkim intruzivnim kompleksom. Područje Jošaničke Banje pripada *metamorfnom kompleksu Kopaonika*, koji je strukturno najniža jedinica u Kopaoničkoj oblasti. Cela jedinica je slabo metamorfisana, u okviru jedinice često se zapažaju i produkti kontaktnog metamorfizma koji su posledica intruzije Kopaoničkog intruzivnog kompleksa.

Generalno posmatrano na području istraživanja više su izraženi rupturni u odnosu na plikativne oblike. Rupturni oblici predstavljeni su rasedima i pukotinama različitih dimenzija i različite orijentacije.





Legenda:

1-Metamorfni kompleks Kopaonika, 2-Tektonska jedinica Brzeća,  
3-Ofolitska jedinica, 4-Tektonska jedinica Brusa(fliš),  
5-Kopaonički intruzivi, 6-Vulkanske stene, 7-Navlake, 8-Rasedi

**Slika 2. Pojednostavljena geotektonska karta Kopaoničke oblasti (Zelić M., 2005)**

### 3.3. HIDROGEOLOŠKI FAKTORI FORMIRANJA TERMOMINERALNIH VODA U JOŠANIČKOJ BANJI

Složena geološka građa i struktura područja istraživanja uslovala je stvaranje različitih tipova izdani. Izdvajanje tipova izdani na području istraživanja izvršeno je na osnovu strukturnog tipa poroznosti. Na području Jošaničke Banje izdvojeni su sledeći tipovi izdani (slika 3):

- Zbijeni tip izdani u okviru aluvijalnih sedimenata reke Jošanice,
- Pukotinski tip izdani,
- Karstno-pukotinski (složeni) tip izdani

Termomineralne podzemne vode na području Jošaničke Banje formirane su u okviru pukotinskog tipa izdani. Ovaj tip izdani razvijen je u magmatskim (granodioriti i kvarcdioriti, harzburgiti) i metamorfnim stenama (filiti, hlorit-epidot-aktinolitiski škriljci i serpentiniti) od kojih je najvećim delom izgrađeno područje Jošaničke Banje.

Podzemne vode koje se formiraju u okviru ovog tipa izdani različite su geneze i različitih fizičko-hemijskih karakteristika, pa su zbog toga uvedeni podtipovi izdani u okviru pukotinskog tipa izdani:

- pukotinski tip izdani formiran u okviru škriljaca paleozojske starosti,
- pukotinski tip izdani formiran u okviru serpentinita i harzburgita,
- pukotinski tip izdani formiran u okviru granodiorita i kvarciorita neogene starosti.

Pukotinski tip izdani u okviru škriljaca obuhvata podzemne vode u krupnim tektonskim pukotinama i razlomima u zemljinoj kori. Ova izdan nalazi se ispod lokalnog erozionog bazisa koji je na području istraživanja predstavljen rekom Jošanicom. Termomineralne vode Jošaničke Banje su u vezi sa mladom magmatskom i vulkanskom aktivnošću, kojom je zahvaćena čitava Kopaonička oblast.

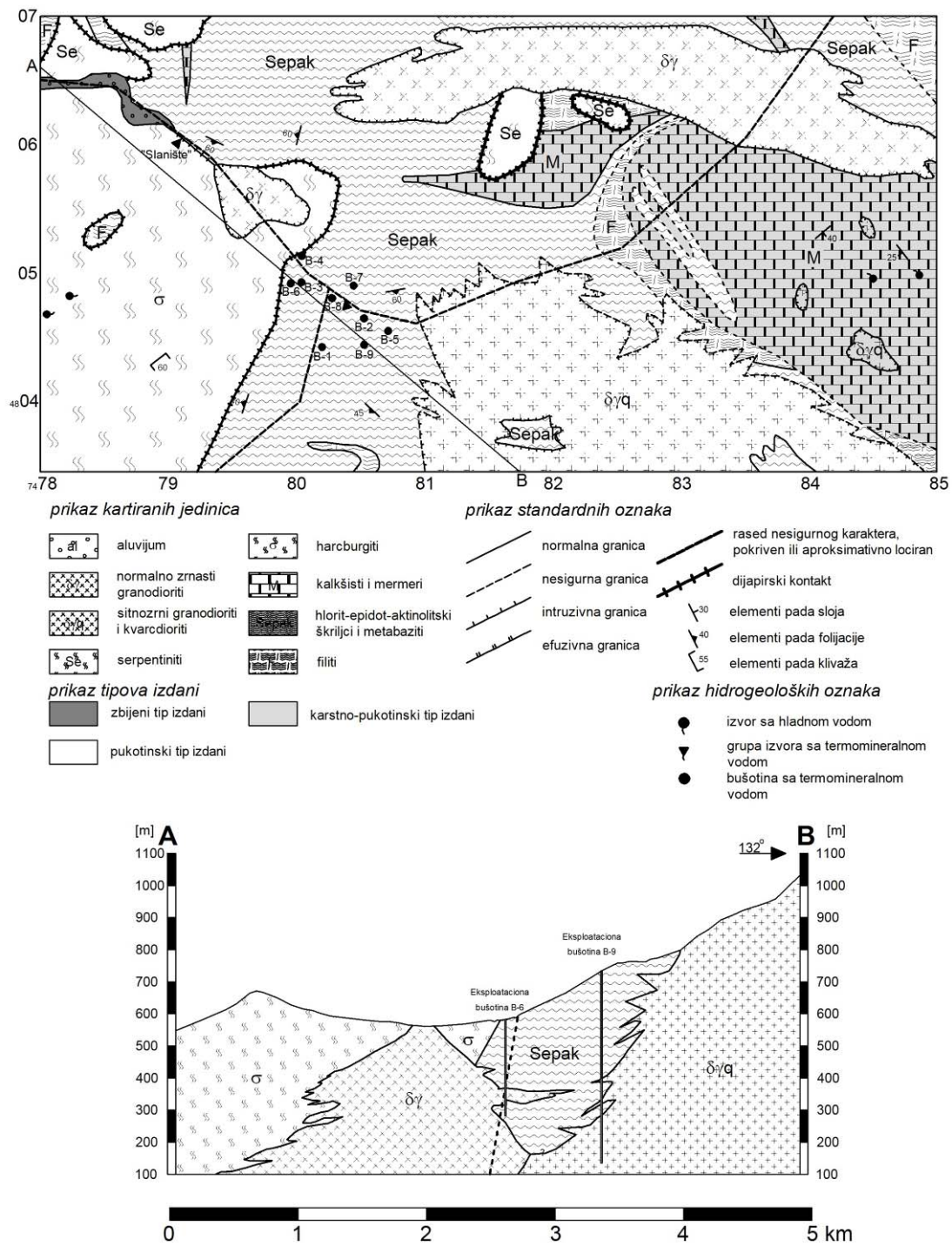
Analiza gasnog sastava ovih voda indicira na činjenicu da termomineralne vode Jošaničke Banje imaju vadozno poreklo, na šta upućuje preovlađujuće prisustvo azota u vodi (N. Dimitrijević 1973).

Generalno gledano škriljci paleozojske starosti na ovom terenu spadaju u slabovodopropusne stene (Geoinstitut 1986), u njima može doći do formiranja podzemnih voda samo u pojedinim delovima ograničenih dimenzija.

Uopšteno gledano pukotine su malih dimenzija, ali nisu zapunjene što omogućava bolju cirkulaciju podzemnih voda. Sa prelaskom u kornite i skarnove vodopropusnost ovog škriljavog kompleksa se povećava. Ova izdan karakteriše se nivoom pod pritiskom. Termomineralne vode kao put do površine terena koriste pukotine u škriljavom stenskom kompleksu.

U okviru područja Jošaničke Banje pražnjenje pukotinskog tipa izdani formiranog u okviru škriljavog kompleksa stena, odvija se dvojako prirodnim i veštačkim putem.

Prirodnim putem ova izdan se drenira preko termomineralnih izvora temperature između 76°C i 78°C koji se nalaze u neposrednoj blizini korita Jošaničke reke i preko termomineralnih izvora manje temperature (od 36 do 37 °C) na lokalitetu Slanište koji se nalazi nizvodno na levoj obali reke Jošanice. Veštačkim putem termomineralne vode se dreniraju samoizlivom na eksploatacionim bušotinama B-3 (temperatura vode oko 52°C) i B-6 (temperatura vode oko 56°C) (Milenić, Milanković, 2008).



**Slika 3. Šematizovana hidrogeološka karta Jošaničke Banje sa hidrogeološkim profilom A-B (modifikovano, OGK SFRJ list Vrnjci, 1:100.000)**

### **3.4. FIZIČKO-HEMIJSKI FAKTORI FORMIRANJA TERMOMINERALNIH VODA U JOŠANIČKOJ BANJI**

Migraciona sposobnost elemenata (Na, Li, F) u znatnoj meri zavisi od pH indeksa. Povećanjem temperature pH indeks istaloženog hidroksida se povećava (do 9.7). Rastvorljivost soli ima značajnu ulogu u formiranju osnovnog anjonsko-katjonskog sastava. Tako za malomineralizovane vode (od 183 do 256.4 mg/l), kao karakteristični joni javljaju se silikatni jon i karbonatni jon.

U metamorfizma izmenjivački katjoni mogu da se nađu u velikim količinama i njihov karakter zavisi od karaktera plagioklasa u njima. U albitskim molekulima plagioklas je sa 10% anortitske komponente odnosno pretežno sa natrijumskim jedinjenjima, što kao produkt pri njegovom raspadanju stvara izmenjivački natrijum koji čini preko 90% ekv u svim analiziranim uzorcima na području Jošaničke Banje.

### **3.5. FIZIČKI FAKTORI FORMIRANJA TERMOMINERALNIH VODA U JOŠANIČKOJ BANJI**

Sa povećanjem temperature menja se rastvaračka sposobnost vode. U običnim uslovima rastvorljivost silicijumske kiseline je veoma niska. Pri visokim temperaturama često se javljaju silikatno-karbonatno-natrijumske vode, kakav je slučaj sa termomineralnim vodama Jošaničke Banje. Sa povećanjem temperature povećava se i pritisak, koji u znatno manjoj meri utiče na rastvaračku sposobnost vode.

### **3.6. VEŠTAČKI FAKTORI FORMIRANJA TERMOMINERALNIH VODA U JOŠANIČKOJ BANJI**

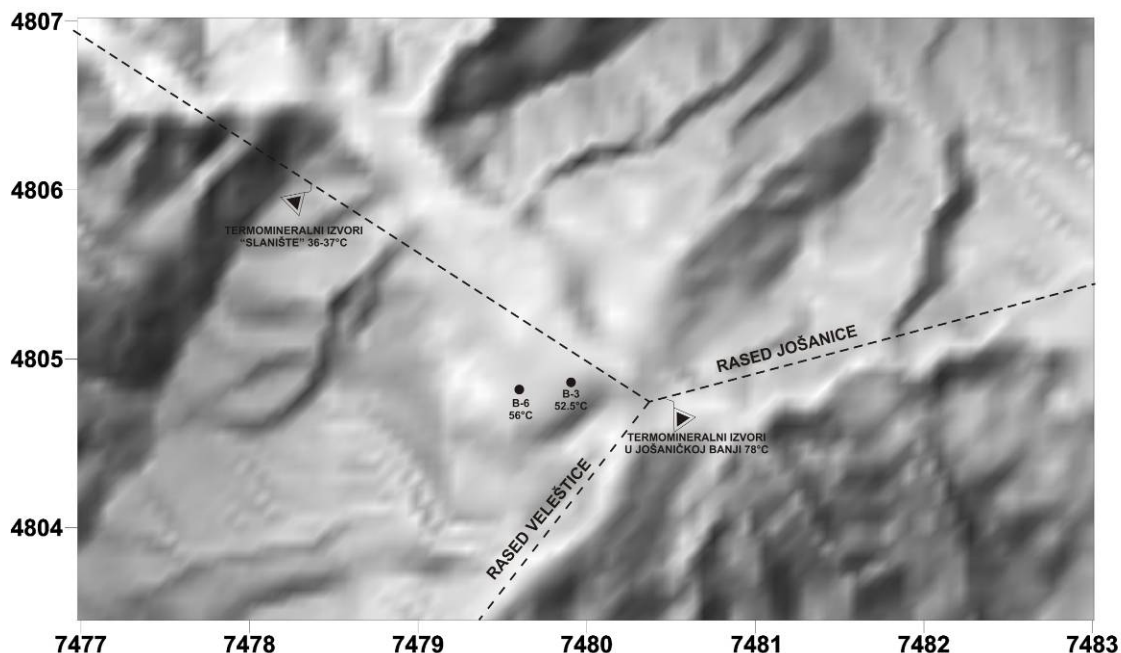
Praćenjem eksploatacije termomineralnih voda na eksploatacionim bušotinama (B-3 i B-6) u Jošaničkoj Banji, primećen je trend opadanja izdašnosti (B-3 sa 3 l/s na 1.5 l/s, B-6 sa 7 l/s na 3 l/s nakon više od 25 godina eksploatacije). Dugotrajna eksploatacija se odrazila i na porast temperature (B-3 sa 50 na 52, B-6 sa 52.5 na 56).

## **4. USLOVI POJAVLJIVANJA I ISTICANJA TERMOMINERALNIH VODA NA PODRUČJU JOŠANIČKE BANJE**

Zahvaljujući tektonskoj aktivnosti koja se odvijala na području kopaoničke oblasti, došlo je do stvaranja velikog broja raseda. Na području Jošaničke Banje, najizraženija su dva raseda. Prvi se pruža dolinom reke Jošanice pravcem istok-zapad, dok je drugi upravan na njega i ide dolinom reke Velešnice sa pravcem pružanja sever-jug (slika 4). Pojave termomineralnih voda na području Jošaničke Banje vezane su za zonu ovih raseda.

Na mestu ukrštanja ovih raseda nalazi se izvorište termomineralnih voda koje se odlikuje temperaturom od 76°C do 78°C. Idući od pomenutog izvorišta ka zapadu temperatura termomineralnih voda opada, što se vidi sa slike 4.

Termomineralne vode na području Jošaničke Banje kao put do površine terena koriste mnogobrojne pukotine u škriljcima, koje su tokom terenskih istraživanja zapažene i u koritu reke Jošanice, gde su na pojedinim mestima obložene naslagama kvarca, što ukazuje na cirkulaciju termomineralnih voda kroz njih.



Slika 4. Termomineralne pojave i objekti na području Jošaničke Banje sa prikazom najvažnijih tektonskih oblika

## 5. PRIKAZ KVALITATIVNIH SVOJSTAVA TERMO-MINERALNIH VODA JOŠANIČKE BANJE

Formiranje kvalitativnih svojstava termomineralnih voda na području Jošaničke Banje vezano je za mlađe dubinske magmatske i njima izazvane termometamorfne procese koji su se tokom neogena odvijali na području Kopaoničke oblasti. Termomineralne vode Jošaničke Banje (prema kalsifikaciji Ivanova, 1977) pripadaju grupi *azotnih malomineralizovanih silicijumskih termomineralnih voda atmosferskog porekla*, koje su genetski povezane sa masivima kristalastih stena, u okviru kojih lako nastaju i dugo se održavaju hidrogeološki otkrivene rasedne strukture, koje omogućavaju infiltraciju voda atmosferskog porekla i njihovo zagrevanje na većim dubinama.

Vode koje se formiraju u ovakvim uslovima odlikuju se niskom mineralizacijom (od 173.8 do 256.4 mg/l), sa preovlađujućim jonom natrijuma, visokim sadržajem silicijumske kiseline (32 do 90 mg/l) i izraženom alkalnom reakcijom (pH od 8.4 do 9.7). Analize kvalitativnih svojstava termomineralnih voda, izvršene su na četiri lokacije u Jošaničkoj Banji (tabela 2).

**Tabela 2. Prikaz kvalitativnih svojstava termomineralnih voda na području Jošaničke Banje**

Pojava/Parametar	T (°C)	Ph	M (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	F <sup>-</sup> (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	H <sub>2</sub> S (mg/l)
Termomineralni izvor „Jošanička Banja“	76-78	>8.4	243.9	89.0	60	60	14	4.48	90	1.50
Termomineralni izvor „Slanište“	36-37	>8.4	256.4	98.0	60	70	28.4	5.6	90	0.12
Bušotina B-3	52	>8.4	173.8	71.5	66.0	15.0	21.3	4.4	32	1.02
Bušotina B-6	56	9.7	185.0	63.4	54.6	32.4	10.1	3.75	79.5	2.1

### 5.1. PRIKAZ FIZIČKOG SASTAVA TERMOMINERALNIH VODA JOŠANIČKE BANJE

Od fizičkih svojstava termomineralnih voda Jošaničke Banje najveći značaj svakako ima *temperatura vode*. Grejač hidrogeotermalnog sistema Jošaničke Banje je predstavljen granodioritima i kvarcdioritima neogene starosti. Prema klasifikaciji M.T. Leka termomineralne vode Jošaničke Banje i termomineralne vode sa eksploatacionih bušotina B-3 i B-6 pripadaju grupi hipertermi, tj. grupi voda čija je temperatura iznad temperature čovečijeg tela, dok se vode sa lokaliteta „Slanište“ svrstavaju u grupu homeotermi.

Povećan sadržaj gasa vodonik-sulfida H<sub>2</sub>S na svim analiziranim pojavama daje vodi *miris* na pokvarena jaja.

### 5.2. PRIKAZ HEMIJSKOG SASTAVA TERMOMINERALNIH VODA JOŠANIČKE BANJE

*pH vrednost* predstavlja veličinu koja karakteriše aktivnost ili koncentraciju jona vodonika u rastvorima. Vrednost pH u analiziranim uzorcima vode kretala se u intervalu od 8.4 do 9.7. Prema klasifikaciji Ivanova vode u Jošaničkoj Banji pripadaju alkalnim vodama. Alkalna reakcija je po pravilu karakteristična za grupu malomineralizovanih azotnih termomineralnih voda, kod kojih je veličina pH u vezi sa znatnim sadržajem silikata (32-90 mg/l).

*Mineralizacija* termomineralnih podzemnih voda na području Jošaničke Banje kretala se od 173.8 mg/l (bušotina B-3) do 256.4 mg/l („Slanište“). Prema „Pravilniku o kvalitetu i drugim zahtevima za prirodnu mineralnu vodu, prirodnu izvorsku vodu i stonu vodu (Sl.list 53/2005)“, analizirane vode se svrstavaju u prirodne mineralne vode sa niskim sadržajem rastvorljivih mineralnih materija.

*Katjonski sastav* analiziranih termomineralnih voda na području Jošaničke Banje odlikuje se preovlađujućim jonom *natrijuma* (Na<sup>+</sup>). Koncentracije ovog katjona su se kreću se od 63.4 do 98 mg/l. Sadržaji ostalih katjona *kalijuma* (K<sup>+</sup>), *kalcijuma* (Ca<sup>2+</sup>) i *magnezijuma* (Mg<sup>2+</sup>) su znatno manji.

*Anjonski sastav* ovih voda karakteriše podjednako prisustvo *karbonata* (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), *sulfata* (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), dok je sadržaj *hloridnog jona* (Cl<sup>-</sup>) znatno manji.

Termomineralne vode na području Jošaničke Banje se odlikuju sadržajima *fluoridnog jona* (F<sup>-</sup>) u koncentracijama od 3.75 do 5.6 mg/l, što ove vode prema „Pravilniku o kvalitetu i drugim zahtevima za prirodnu mineralnu vodu, prirodnu izvorsku vodu i stonu vodu (Sl.list 53/2005)“ svrstava u fluoridne vode. Povećani sadržaji fluora sreću se u alkalnim vodama koje sadrže manje koncentracije jona kalcijuma Ca<sup>2+</sup>. Generalno, poreklo fluora u termomineralnim vodama je iz minerala koji sadrže fluor (fluorit i apatit).

Prisustvo fluora u vodama Jošaničke Banje najverovatnije je povezano sa ležištem fluorita (sadržaj  $\text{CaF}_2$  preko 30% u rudi) Koprivnica koje se nalazi u neposrednoj blizini Jošaničke Banje u pravcu severozapada.

Od mikrokomponenti u termomineralnim vodama Jošaničke Banje odlikuju se sadržajima *litijuma*, *bora* i *silikata*.

Koncentracije *litijuma* u termomineralnim vodama sa eksploatacione bušotine B-6 kretale su se u opsegu od 0.103 do 0.138 mg/l. Poreklo litijuma u vodama vezuje se za magmatske i metamorfne procese koji su prisutni na ovom području. U procesu formiranja magmatskih stena  $\text{Li}^+$  se koncentriše u kiselim stenama (granodioritima i kvarcdioritima), naročito u poslednjem stadijumu kristalizacije magme, formirajući minerale litijuma: spodumen, lepidolit idr.

*Bor* pripada grupi elemenata koji se u vodama najčešće nalazi u tragovima. Njegove koncentracije u analiziranim uzorcima kretale su se od 0.62 do 0.65 mg/l. Poreklo bora se vezuje za magmatske procese koji su se odvijali na ovom području.

*Silikati* se u termomineralnim vodama Jošaničke Banje se javljaju u koncentracijama od 32 do 90 mg/l. Silicijumska kiselina se bolje rastvara u alkalnim termalnim i termomineralnim vodama, što je slučaj sa termomineralnom vodama u Jošaničkoj Banji. Prema sadržaju silicijuma i temperaturi voda termomineralne vode Jošaničke Banje pripadaju grupi silicijjskih termi.

### 5.3. PRIKAZ GASNOG SASTAVA TERMOMINERALNIH VODA JOŠANIČKE BANJE

Ranija istraživanja koja su bila vezana za gasni sastav ovih voda (Dimitrijević, 1974 i Filipović, 2003) pokazala su da je preovlađujući gas u termomineralnim vodama Jošaničke Banje azot (N) sa 91% zapreminskih, zatim slede kiseonik  $\text{O}_2$  sa 5% zapreminskih,  $\text{CO}_2$  sa 2.4% zapreminskih i  $\text{H}_2\text{S}$  sa 1.6% zapreminskih. Tokom izvođenja terenskih istraživanja na termomineralnim pojavama i objektima u Jošaničkoj Banji primećeno je prisustvo gasova. Miris termomineralnih voda je ukazivao na prisustvo vodonik-sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Na svim pojavama i objektima u Jošaničkoj Banji, primećen je beli talog u blizini mesta isticanja. Na lokaciji u Jošaničkoj Banji i Slaništu zapaženo je „klobučanje“ gasova.

*Kiseonik ( $\text{O}_2$ )* se u analiziranim uzorcima pojavljivao u koncentracijama od 2.4 mg/l do 8.6 mg/l.

*Vodonik-sulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ )*, je gas koji ima balneološki značaj. Vodonik-sulfid je u vazduhu potpuno nepostojan, tako da se oksidiše, uz obrazovanje vode i  $\text{SO}_2$ . U dubljim delovima zemljine kore vodonik-sulfid je vezan za termokatalitičke procese razlaganja sumporovith jedinjenja i redukciju sulfata u uslovima visokih temperatura. Pri oksidaciji vodonik-sulfid se pretvara u elementarni sumpor koji se na vodenoj površini opaža kao mlečna skrama. Sadržaji vodonik-sulfida u analiziranim uzorcima voda kretale su se u intervalu od 0.12 do 2.1 mg/l.

*Ugljen dioksid ( $\text{CO}_2$ )* se u vodama sa eksploatacione bušotine B-6 u Jošaničkoj Banji javljao u koncentracijama manjim od 0.5 mg/l, odnosno koncentracijama koje su manje od praga koji može da se registruje metodama kojima je vršeno određivanje njegovog prisustva u ovim vodama.

## Zaključak

Složena kvalitativna svojstva termomineralnih voda na području Jošaničke Banje proizvod su sadejstva više različitih faktora. Područje Jošaničke Banje nalazi se na severnom obodu Kopaonika, gde su se tokom neogena odvijale magmatske i vulkanske aktivnosti, koje su dovele do stvaranja čitavog niza pojava termalnih i termomineralnih voda koje se javljaju po obodu ovog planinskog masiva od kojih je pojava u Jošaničkoj Banji sa temperaturom od 78°C najtoplija. Pored izražene magmatske aktivnosti, pri formiranju kvalitativnih svojstava ovih voda značajnu ulogu odigrala je i izražena tektonska aktivnost kojom su stvoreni preduslovi za cirkulaciju, akumuliranje i isticanje ovih voda.

Termomineralne vode u Jošaničkoj Banji prema aktuelnom „Pravilniku o kvalitetu i drugim zahtevima za prirodnu mineralnu vodu, prirodnu izvorsku vodu i stonu vodu (Sl.list 53/2005)“, svrstavaju se u *prirodne termomineralne vode sa niskim sadržajem rastvorenih mineralnih materija sulfatno-karbonatno-fluridnog tipa*. Po klasifikaciji Ivanova (1977) termomineralne vode Jošaničke Banje pripadaju grupi *azotnih malomineralizovanih silicijumskih termomineralnih voda atmosferskog porekla*.

Kako bi se potvrdila dosadašnja istraživanja i stekla nova saznanja o poreklu i genezi ovih voda neophodno je izvesti dodatna istraživanja poput: formiranja osmatračke mreže na svim pojavama i objektima sa termomineralnom vodom na području Jošaničke Banje, detaljne hidrohemijske prospekcije područja Jošaničke Banje, izrade izotopskih analiza vode, izrade mineraloško-petroloških analiza stena, fotogeološke determinacije sklopa terena, istražnog bušenja sa dubinom preko 600 m

## Literatura

1. **Dimitrijević N., 1973:** „Gasovi u podzemnim vodama sa posebnim osvrtom na njihovo prisustvo u mineralnim vodama Srbije“, doktorska disertacija, fond RGF, Beograd
2. **Filipović B., 2003:** „Mineralne, termalne i termomineralne vode Srbije“, RGF, Beograd
3. **Geoinstitut, 1986:** „Istraživanje geotermalne energije u Jošaničkoj Banji u 1984-1985 godini“, 1986, Beograd.
4. **Grupa autora 1973:** Tumač i karta za OGK SFRJ 1:100.000, list Vrnjci SGZ, Beograd
5. **Luković M., 1952:** “Geologija termalnih izvora Jošaničke banje”-Glasnik, SAN, IV, 2, str-268-270, Beograd
6. **Milenić D., Milanković Đ., 2008:** Elaborat o rezervama termomineralnih podzemnih voda sa eksploatacione bušotine B-6 u Jošaničkoj Banji
7. **Protić D., 1995:** „Mineralne i termalne vode Srbije“, Geoinstitut, Beograd
8. **Vujanović V., Teofilović M., i Arsenijević M., 1971:** „Sadržaji elemenata u termomineralnoj vodi Jošaničke Banje“, zapisnici SGD, Beograd
9. **Zelić M., 2005:** “Tektonska evolucija Kopaoničke oblasti i Vardarske zone”, zapisnici SGD za 2004 i 2005 godinu, Beogra



## MOGUĆNOSTI ISTRAŽIVANJA I KORIŠTENJA HIDROGEOTERMALNIH POTENCIJALA PODRUČJA ILIDŽE, BOSNA I HERCEGOVINA

### *Uvod*

Ovaj članak urađen je na osnovu traženja Općine Ilidža i predstavlja sažet prikaz hidrogeotermalnih potencijala područja Ilidže. Cilj rada je da prikaže sadašnje stanje istraživanja i korištenja termalnih i termomineralnih voda Ilidže te da ukaže na kompleksnost problematike, ali ujedno i na mogućnost i opravdanost daljnjeg izučavanja ovih resursa kako bi se isti što prije fazno, optimalno i polivalentno koristili.

Kako se strategija Kantona Sarajevo i Općine Ilidža bazira na korištenju prirodnih resursa, to je nužno obratiti posebnu pažnju na najvrijedniji od njih, a to su pitke podzemne vode za vodosnabdijevanje Sarajeva i hidrogeotermalni resursi na terenima Butmira, Ilidže i Blažuja.

Teren Ilidže predstavlja jednu od najraznovrsnijih i najsloženijih geoloških sredina Bosne i Hercegovine i šireg regiona u kojoj se na malom arealu nalaze akumulacije i izdanci mineralnih, termalnih i termomineralnih voda te pitkih podzemnih voda uz bogatstvo površinskih tokova. Svi ovi resursi su obnovljivi, imaju velike kapacitete, kvalitetni su i posjeduju širok dijapazon primjene.

### **Osnovne geološke karakteristike**

Teren Ilidže pripada unutrašnjim Dinaridima i to geotektonskoj jedinici paleozojskih škriljaca i mezozojskih vapnenaca. U gradji terena učestvuju trijasko, jursko-kredne, tercijarne i kvartarne stijene. Izražena je plikativna i disjunktivna tektonika. Najznačajnija je busovačka rasjedna zona te drugi brojni razlomi koji su trasirani morfotektonski, a višefazno su reaktivirani te je u njima i danas izražena neotektonska aktivnost. Izdvojene su slijedeće tektonske jedinice: Igman, Bjelašnica i sarajevsko-zenička depresija.

Uz podnožje Igmana rasjedima je spuštена antiklinala do busovačke zone, a Sarajevsko polje predstavlja jedinicu gdje su stepenasto duboko spuštени trijaski karbonati u vidu rasjednih blokova na kojima su transgresivno i diskordantno nataloženi debeli terciarni i kvartarni sedimenti.

Osnovni neotektonski produkti su neogena potolina sarajevsko-zeničkog bazena, kvartarna potolina Sarajevskog polja i uzdignuti planinski masivi Igmana i Bjelašnice. Izrazita su regionalna vertikalna pomjeranja kao i neujednačena spuštavanja duž brojnih rasjeda. Neotektonska aktivnost (izdizanje planina i spuštavanje potoline Sarajevskog polja), kao i seizmotektonska aktivnost sa dubinom seizmoaktivnih nivoa od preko 5 km dubine od površine terena na Ilidži - ukazuju na duboku karstifikaciju i mogućnost descendencije atmosferilija i njihovo zagrijavanje na preko 100°C u bazi cirkulacije voda (Katzer, 1926, Miošić, Hrvatović, 1999).

---

\* Zavod za geologiju – Sarajevo, Bosna i Hercegovina, fax:0038733621567, e-mail: zgeolbih@bih.net.ba

## Hidrogeotermalni potencijali

U području Ilidže postoje površinske, podzemne pitke, termalne i termomineralne vode, koje su u dugom vremenskom periodu korištene na izvorima, a u zadnjih 110 godina i na bušotinama (Bać, 1957, Ludwig, 1890, Katzer, 1926, Josipović, 1971, Miošić, 1982, 1987). Sve tri vrste podzemnih voda su formirane u analognim krškim trijaskim karbonatnim stijenama i kvartarnim naslagama tako da između ovih voda egzistiraju i složeni hidrogeološki odnosi.

Hidrogeoterme Ilidže primarno su formirane u jako tektoniziranim i karstificiranim trijaskim krško-pukotinskim karbonatnim stijenama, a sekundarno manjim dijelom u aluvijalnim sredinama Ilidže i Blažuja.

Hidrogeoterme postoje kao termalne vode u Butmiru i Sokolovićima, a kao termomineralne vode na Ilidži, Dolcu, Plandištu i u Blažuju.

Intenzivna polidisciplinarna istraživanja sa zahvatanjem novih količina hidroterma vršena su od 1984 god. i rezultirala su, uz izvođenje istraživih bušotina, i izradom jedina dva eksploataciona objekta - bušenog bunara IB-2 na Ilidži i bunara B-1 - Blažuj sa značajnim izdašnostima termomineralnih voda te nabušila termalne vode u Sokolovićima i Butmiru.

Ipak, bušenja su plitka, najdublja produktivna bušotina na Ilidži je 246 m, a većina bušotina je izvedena oko glavnog izvorišta na Ilidži (Krušić, Slišković, Miošić, 1988).

Kako je vidljivo iz priložene karte, postoje termalne i termomineralne vode različitih hidrauličkih, termičkih i fizikalno-kemijskih karakteristika.

### Termalne vode

Termalne niskomineralizirane vode su po prvi put registrirane 1987. god. na bušotinama u trijaskim krečnjacima u podini neogena u Butmiru i Sokolovićima sa slijedećim značajkama (Krušić, Miošić, Slišković, 1988):

Područje	Akvifer	Temperatura °C	Mineralizacij a g/l	Pritisak	Plinovi gl. sp.
Butmir	krš	22	0,3 – 0,5	arteški	N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Sokolovići	krš	14	0,3 – 0,4	arteški	N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

### Termomineralne vode

Termomineralne vode, kao najznačajniji resurs među hidrotermoresursima, formirane su u trijaskim krečnjacima i dolomitima u različitim tektonskim blokovima iz kojih se u području Ilidže i Blažuja izljevaju u aluvion te imaju različite temperature, mineralizaciju, izdašnost i hidrauličke karakteristike (Bać, 1957, Đerković et al., 1987, Krušić, Miošić, Slišković, 1988, Miošić, Hrvatović, 1999):

Područje	Akvifer	Temperatura °C	Mineralizacij a g/l	Pritisak	Plinovi	
					gl.	sp.
Ilidža	aluvion	58	2,7 - 4,1	arteški	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
	krš	58	2,7 - 4,1	arteški	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
	aluvion	26 - 30	1,3	arteški	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Plandište	krš	27	?	arteški	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
Blažuj	aluvion	15 - 24	2,3 - 2,6	art. i subart.	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
	krš	15 - 24	2,3 - 2,6	art. i subart	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>

Bušotine i izvori su koncentrirani uglavnom oko glavnog izvorišta na Ilidži, ali i u području Blažuja; najvišu izdašnost, pritisak, temperaturu i mineralizaciju imaju termomineralne vode središta Ilidže.

Akumulacije podzemnih voda iz krških masiva Bjelašnice i Igmana prazne se na kontaktu oboda Igmana i Sarajevskog polja, gdje se javlja veliki broj stalnih i povremenih tipičnih kraških vrela od kojih je najveće vrelo Bosne. Manji dio voda iz ovih masiva cirkulira duboko duž rasjednih paraklaza i pukotinskih sistema do neidentificiranih dubina, zagrijavaju se i mineraliziraju najvećim dijelom u srednje i gornjotrijaskim vapnencima i dolomitima. Ova cirkulacija odvija se veoma sporo na što ukazuje sadržaj radioaktivnih izotopa tricija i ugljika 14 (Miošić, 1987). U području Ilidže i Blažuja egzistira ascendentni konvektivni brzi tok voda duž rasjeda, što ima za posljedicu javljanje izvora termomineralnih voda.

Na Ilidži vode iz krško-pukotinskih sredina izljevaju se direktno u aluvion (na površni oko 0,4 km<sup>2</sup>) i sa svih strana su u aluvionu okružene hladnim pitkim podzemnim vodama.

Na priloženoj slici data je rajonizacija svih hidrogeopotencijala u krškoj sredini i aluvionu po temperaturama i mineralizaciji – pitkih podzemnih voda, termalnih voda i termomineralnih voda.

## Odnosi voda

Činjenica da su i hidroterme i hladne vode nabušene u analognim litostratigrafskim sredinama upućuje na pitanje odnosa ovih voda – dolazi li do njihovog miješanja i pri kojim stanjima? Ovo je važno i urgentno aplikativno pitanje, čije razjašnjenje omogućuje definiranje optimalnog režima korištenja svih vrsta voda bez ugrožavanja njihovog kvaliteta.

Odnosi hladnih voda u kršu i aluvionu i hidrogeoterma u analognim sredinama, kao i međusobni odnosi između raznih tipova termomineralnih i termalnih voda, još nisu razjašnjeni. Naročito je ovo nejasno u tektonskim trijaskim blokovima Sarajevskog polja. Trebalo bi riješiti odnose između:

- a) hladnih i termomineralnih voda aluviona Ilidže,
- b) hladnih i termomineralnih i termalnih voda u karbonatnim akviferima,
- c) termomineralnih i termalnih voda u karbonatnim sredinama,
- d) termomineralnih voda temperature 58<sup>0</sup> i onih temperature 26<sup>0</sup> - 30<sup>0</sup>C u aluvionu,

U sadašnjem stanju korištenja jednih i drugih voda ne postoji miješanje ovih voda. Indikacije miješanja voda u aluvionu će se utvrditi monitoringom hladnih i termomineralnih voda i to je jedini sigurni parametar koji će upućivati na adekvatnu intervenciju. Priliv termomineralnih voda iz aluviona je oko 300 l/s, što predstavlja oko 15% od mogućih količina crpljenja hladnih voda iz zone Bačevo - Konaci, te praktično ne predstavlja opasnost za pitke vode, ali je očito da pri velikom sniženju termomineralnih voda hladne vode aluviona mogu negativno utjecati na terme.

U ostalim dijelovima Sarajevskog polja termomineralne i termalne vode u krškim akviferima su krovno barajirane jursko-krednim i tercijarnim sedimentima te se ne mogu infiltrirati u aluvion (Đerković et al., 1987, Krušić, Miošić, Slišković, 1988).

## Kvalitet voda

Termomineralne vode Ilidže su najtemperiranije izvorske vode u BiH; one su  $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{++} - \text{Na}^+ - \text{Mg}^{++}$  - tipa s različitom mineralizacijom na pojedinim bušotinama od 1,4 - 4,1 g/l, ugljikisele, obogaćene s  $\text{CO}_2$  (95 - 98% od slobodnih plinova) s plinskim faktorom(GWR) 1 - 2, s temperaturom od 26 - 58°C, vode su "mrtve" po sadržaju  $^3\text{H}$ , a po  $^{14}\text{C}$  im je starost od 14.000 - 33.000 godina (meteorsko porijeklo),  $\delta^{13}\text{C}$  u  $\text{CO}_2$  je od + 0,18 do - 2,36 ‰, (nastao termometamorfizmom marinskih sedimentnih karbonata ili njihovom hidrolizom pri temperaturama iznad 200°C),  $\delta^{18}\text{O}$  je od - 10,2 do - 10,35 ‰, a  $\delta\text{D}$  od - 72 do - 78 ‰ (atmosfersko porijeklo) sasvim su blago radioaktivne ( $R_n = 0,9 - 2,1 \text{ Bq/l}$ ).

Vode Blažuja su  $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Ca} - \text{Mg}$  - tipa s mineralizacijom 2,3 - 2,5 g/l, ugljikisele, obogaćene s  $\text{CO}_2$ , GWR=1, tricij od 1,7 TU (ukazuje na pretežan udio voda starijih od 50 godina i veoma malo mlađih primiješanih voda) s temperaturom od 15 - 24°C, sasvim blago radioaktivne ( $\approx 23 \text{ Bq/l}$ ) s nizom efektivnih mikrokomponenta ( Ludwig, 1890, 1894, 1912, Katzer, 1919, Miholić, 1938, 1957, Josipović, 1971, Miošić, 1987).

Hidrogeoterme su atmosferskog porijekla, a kondenzacija vodene pare se vršila na nižim temperaturama, odnosno višoj hipsometriji (planine Bjelašnica i Igman), resursi su obnovljivi stalnog hidrauličkog mehanizma, hidrokemijskog i hidrotermičkog režima.

Termalne vode Butmira (IB-7) i Sokolovića (IB-4), su  $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{++} - \text{Mg}^{++}$  tipa s mineralizacijom od 0,3 – 0,5 g/l i temperaturama 14 i 22°C.

## Karakteristike aktivnih bušotina

Bušotine termalnih voda Butmira i Sokolovića imaju slijedeće karakteristike:

Bušotina	Q, l/s	t, °C	p, bar
IB – 4- Sokolovići	6	14	0,7
IB – 7- Butmir	14	22	0,8

Izradom bušenih bunara u području ovih bušotina mogu se dobiti nove količine voda, naročito ako se nabuše  $T_2^1$  akviferi (Krušić, Miošić, Slišković, 1988).

Karakteristike aktivnih bušotina termomineralnih voda su:

Područje	Bušotina	Q, l/s	t, °C	p, bar	N, MW <sub>therm.</sub>
I	IB - 1	70	58	1,4	14
L	IB - 2	100	58	1,8	20
I	PP - 1	50	57	art.	10
DŽ	B - 3a	15	57	0,7	3
A	B - 10a	12	27	art.	0,9
Blažuj	B - 1	20	24	- 0,2	1,1
UKUPNO		267			49,0

### Mogućnosti zahvatanja novih količina voda i hidrotermi više enthalpije

Mogućnosti zahvatanja većih količina voda od do sada registriranih su evidentne iz podataka svih dosadašnjih bušotina, a to znači da se novim, posebno dubljim bušotinama mogu sigurno zahvatiti veće količine voda. Ovo je dokazano i u zonama postojanja izvora kao i tamo gdje ih nema.

Brojne geološke, seizmotektonske, hidrogeološke i fizikalno - kemijske indikacije ukazuju na više temperature u primarnom rezervoaru od 58°C te da su vode miješanog porijekla iz barem dva rezervoara. (Bać, 1957, Đerković, 1985, 1987, 1985, Josipović, 1971, Miošić, 1982, 1987, Miošić, Hrvatović, 1999, Veselić, 1985). Pitanje dubine postojanja višeenthalpijskih fluida je otvoreno, ali dubine seizmoaktivnih nivoa od preko 5 km daju i orijentacionu termičku lociranost primarnih rezervoara. Ovo omogućuje descendenciju atmosferilija do ovih dubina i konduktivno zagrijavanje infiltriranih voda. Po ovome bi temperature u primarnim rezervoarima bile preko 100°C. Postoje i druge brojne indikacije egzistiranja višeenthalpijskih fluida u hidrogeotermalnom sustavu Ilidže (Miošić, 1982, 1987, Miošić, Hrvatović, 1999).

Postavlja se pitanje gdje su zone povišenih temperatura – one nisu u centru glavnog izvorišta Ilidže, kako su brojni istraživači pretpostavljali i tu locirali bušotine, već u zonama gdje su krečnjački akviferi rasjedima duboko spuštene i gdje im je deblja izolaciona krovna barijera.

### Balneološke indikacije

Po balneološkoj klasifikaciji vode Ilidže su hiperterme (> 38°C), mineralne (> 1 g/l), kiselice (CO<sub>2</sub>), radonske, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - SO<sub>4</sub><sup>-</sup> - Cl<sup>-</sup> - Ca<sup>++</sup> - Mg<sup>++</sup> - Na<sup>+</sup> tipa, hipotone, prirodne vode s brojnim djelotvornim sastojcima (Fe, As, CO<sub>2</sub>, J, S, Ra, Rn) i drugim mikroelementima.

Posjeduju dokazane brojne indikacije za liječenje raznih bolesti od reumatizma, nervnog sistema, probavnih organa do ženskih bolesti i dr. Vode su verificirane balneološki.

Dosadašnja balneološka izučavanja utvrdila su indikacije i kontraindikacije ovih ljekovitih voda te su klinički i eksperimentalno utvrđeni i razjašnjeni osnovni mehanizmi djelovanja voda, a sačinjena je indikaciona lista oboljenja koja se uspješno mogu liječiti (Ciglar 1980, Ciglar et al., 1966, Ludwig, 1894, 1912, Tišma, 1989).

## Primjena voda

Korištenje voda u banjske svrhe, kao glavne primjene voda, intenzivirano je u doba austrougarske uprave u Bosni i Hercegovini od 1878. do 1918. god. i nakon II svjetskog rata, dok je termoenergetsko korištenje voda vršeno s bušotina IB-1 i IB-2 od 1985. do 1992. godine s izradom dva pilot postrojenja koja su tokom rata 1992. - 1995. god. devastirana i još su izvan funkcije (Đerković et al., 1987, Miošić, Hrvatović, 1999).

Vode imaju veoma širok dijapazon primjene 1) u liječenju, rehabilitaciji, regeneraciji – pijeće, kupke, inhalacija, 2) rekreaciji, zdravstvenom turizmu i sportu, 3) flaširanju ljekovitih i osvježavajućih gaziranih i negaziranih mineralnih voda, 4) termoenergetici - toplifikaciji kao nekonvencionalni obnovljivi energent objekata i u poljoprivredi, 5) ekstrakciji CO<sub>2</sub> iz voda i 6) korištenju niskotemperaturnih termalnih voda za piće. Osnovni vid primjene je ad 1, koji je i najpoznatiji; Ilidža je bila najveća, najstarija, najuredjenija i najposjećenija banja - lječilište u Bosni i Hercegovini do 1992. god. ( Božović, 1985).

Energetska primjena voda bi bila u toplifikaciji stanova i u poljoprivredi. Alternativno bi se snagom od 49,0 MW<sub>therm.</sub> moglo zagrijavati 5500 dvoiposobnih stanova ili 17 ha staklenika (Miošić, Hrvatović, 1999).

Energetski alternativni komparativni parametri su:

J/god.	GWh/god. (termički)	t ekv. uglja/god.	t ekv. nafte/god.	t uglja tipa Kreka/god.
1,5 x 10 <sup>15</sup>	423	60.000	37.000	171.500

U proizvodnji hrane voda bi se koristila kaskadno - od viših ka nižim temperaturama - 1) staklenik za proizvodnju povrća, cvijeća i sadnica, 2) gljivarnik - gljive, biljne mladice, 3) akvakultura - žabe, školjke, ribe, rakovi, alge (Pirija, 1987).

Za flaširanje se mogu koristiti: 1) ljekovite sumporovite vode Ilidže, 2) termomineralne osvježavajuće vode Ilidže i Blažuja, 3) termalne vode Butmira i Sokolovića kao pitke.

S plinskim faktorom GWR = 1 - 2 moglo bi se dnevno ekstrahirati 30 - 40 t CO<sub>2</sub>.

## Mjere u cilju korištenja

Ni jedna bušotina na Ilidži, izuzev IB-2, nije korektno uradjena, a nije ni 10% dosegla projektiranu dubinu. Treba reći da postoje samo dva eksploataciona objekta - bušotina IB-2 Ilidža ( na njoj je također potrebno izvršiti pregled i defektažu) i bunar B-1 Blažuj, dok sve ostale bušotine predstavljaju istražne objekte. Bez sanacije nije moguće danas koristiti ni jednu bušotinu osim B-1, a jedino se iz bušotina mogu koristiti vode.

Mjere i operacije u cilju kontinuiranog i nesmetanog korištenja voda na postojećim vodozahvatnim objektima su:

- utvrđivanje sadašnjeg stanja bušotina - razvodni mehanizmi, kontrola dubine i prohodnost bušotina,
  - čišćenje i eventualna demontaža glava bušotina,
  - montaža odgovarajućih razvodnih glava sa svim potrebnim uređajima (ventili, manometar, termometar, priključci),
  - postavljanje preljeva za mjerenje proticaja voda,
  - testiranje bušotina u pojedinačnom i paralelnom radu s izvođenjem fizikalno-kemijskih i bakterioloških analiza voda,
  - monitoring bušotina i izvora na Ilidži, Butmiru, Sokolovićima i Blažuju.
- Sve navedeno odnosi se na bušotine IB-1, IB-2, PP-1, B-3a, B-IV i B-10a, IB-4 i IB-7, B-1 (Miošić, Hrvatović, 1999).

Da bi se bušotine mogle koristiti, nužno je uraditi odgovarajuće projekte koji bi obuhvatili gore navedene operacije na svim bušotinama kao i eventualne dopunske radove koji se pokazuju potrebnim tokom sanacije.

U posljednjih 10 godina nije vršeno nikakvo održavanje niti kontrola stanja bušotina, te je došlo do korozije materijala i inkrustacije i devastacije objekata. Zbog toga se moraju sanirati razvodne glave i bušotine i dovesti iste u funkciju bez čega nije moguće koristiti vode. Uz ovo, potrebno je uvesti stalni monitoring voda kako bi vode došle do konzumenata u ispravnom stanju, a i da bi se adekvatno moglo intervenirati u cilju definiranja režima korištenja pitkih i temperiranih voda te zaštite voda.

Termomineralne vode u aluvionu mogu se koristiti samo s arteških bušotina, kako ne bi došlo do rashlađenja voda i razblaženja mineralizacije od hladnih voda. Odnosi termomineralnih, termalnih i hladnih voda u kršu će se rješavati monitoringom kad budu izrađeni bunari. Slično je i s odnosom termomineralnih voda različite temperature u području Ilidže.

## Otvorena pitanja

Na sadašnjem stupnju istraženosti resursa otvoren je niz pitanja u vezi međusobnih odnosa voda, geneze, prostornog položaja voda, čijim rješavanjem se omogućuje intenziviranje korištenja i zahvatanja novih količina voda kao i voda više entalpije. To su:

- rješavanje plauzibilnog geološko-hidrogeološkog modela prihranjivanja, zagrijavanja, formiranja termalnih i termomineralnih voda,
- definiranje zona postojanja hidroterma na širem području Ilidže po vertikali i horizontali,
- dubina formiranja voda i litostratigrafija primarnih rezervoara, specijalna lociranost, temperatura i vodoobilnost,
- identifikacija i verifikacija perspektivnih struktura sa hidrogeotermalnim resursima,
- rajoniranje mikrozona za daljnja istraživanja, a posebno za lociranje bušotina razne dubine.

Važno pitanje je kako fazno i polivalentno koristiti vode uz rješavanje tehničkih problema kao što su agresivnost, inkrustacija, visoka tvrdoća voda, otplinjavanje i prečišćavanje iskorištenih voda u cilju njihove demineralizacije i ispuštanja kondicioniranih voda u vodotoke ili reinjekcija voda preko bušotina u krški akvifer.

Aplikativna otvorena pitanja su: kakvi su odnosi pitkih voda i hidroterma u aluvionu i kršu i kojim kapacitetima se mogu intenzivno i trajno koristiti sve vode bez narušavanja njihovog kvaliteta?

## Prijedlog daljnjih istraživanja

Daljnja istraživanja trebaju rješavati slijedeće:

- definiranje geološkog stuba i ujedno svih tipova kolektora,
- prognoziranje što sigurnijeg geološko-hidrogeološkog i geotermalnog modela šireg područja Ilidže,
- upoznavanje indikativnih faktora termičnosti po vertikali i horizontali terena,
- definiranje zona povišene geotermalne potencijalnosti,

Jedan od najznačajnijih ciljeva je zahvatanje voda što više enthalpije sa najmanjim dubinama bušotina, te proširenje prostora sadašnje termalne zone Ilidže kao i polivalentno korištenje ovih resursa.

Utvrđivanje hidrogeoloških, hidrodinamičkih, hidrotermičkih i hidrokemijskih odnosa između hladnih, mineralnih, termalnih i termomineralnih voda u kvartarnim i krško-pukotinskim sredinama jedan je od važnih i prioritetnih zadataka.

Samo provođenjem faznih i multidisciplinarnih istraživanja moguće je svodjenje rizika istraživanja na najmanju mjeru i brže korištenje ovog novog i obnovljivog energetskog izvora.

Potrebni su geološki, geofizički, hidrogeološki i geotermalni istražni radovi šireg područja Ilidže i područja Butmir – Ilidža – Blažuj (Miošić, Hrvatović, 1999).

Zadaci na ovom terenu su:

- definiranje osnova za polivalentno, fazno, optimalno i u što kraćem roku korištenje 1) pitkih podzemnih, 2) mineralnih, 3) termalnih i 4) termomineralnih voda,
- optimalno upravljanje, korištenje i monitoring resursa sva četiri navedena tipa voda bez ugrožavanja njihovog kvantiteta i kvaliteta,
- utvrđivanje sadašnjeg stanja izvora, bušotina i bunara kao vodozahvatnih objekata za eksploataciju svih navedenih voda i mjere za njihovo puštanje u funkciju,
- sanacija i osposobljavanje svih objekata za korištenje,
- testiranje bušotina navedenih ad a) s uzorkovanjem i analiziranjem u cilju utvrđivanja eksploatacionih mogućnosti na njima,
- bušenja u području koje sačinjava Butmir, Ilidža, Sokolovići, Vreoca, Blažuj za zahvatanje novih količina voda,
- istraživanje i zahvatanje višeenthalpijskih fluida s najmanjim dubinama bušotina te proširenje sadašnje hidrotermalne zone Ilidže,
- zaštita i međusobni odnosi svih hidroresursa, utjecaj površinskih voda.



## Zaključak

Šire područje Ilidže karakterizira raznovrsnost litološkog sastava, složenost tektonskih procesa, osobitost geomorfoloških pojava i promjenljivost hidrometeoroloških faktora, što rezultira složenošću hidrogeoloških odnosa te postojanju akumulacija podzemnih pitkih, hladnih, termalnih i termomineralnih voda.

Ovo područje je jedno od najbogatijih i na užem prostoru na razdaljini od 4 km koncentriranih raznovrsnih krških, aluvijalnih pitkih, termomineralnih i termalnih voda koje predstavlja jedinstven primjer ne samo u Bosni i Hercegovini već i širem regionu Balkana.

Postoji veoma dugotrajna tradicija korištenja termomineralnih voda Ilidže u liječenju, rekreaciji i grijanju od preko 2000 godina, dok istražni geološki, geofizički, hidrogeološki, bušaći, balneološki, energetski i drugi vidovi primjene voda počinju u posljednjih 120 godina.

Sada je najvažnija primjena voda kao lječilišnog sredstva, mada postoji, zbog velikih količina voda, i širok dijapazon ostalih vidova korištenja.

Zahvatanje novih količina voda je lakši problem za rješavanje, dok zahvatanje viših temperatura od 58°C zahtijeva veća sredstva i dugoročnija istraživanja. Treba reći da postoje indikacije zahvatanja ne samo većih količina već i viših temperatura voda.

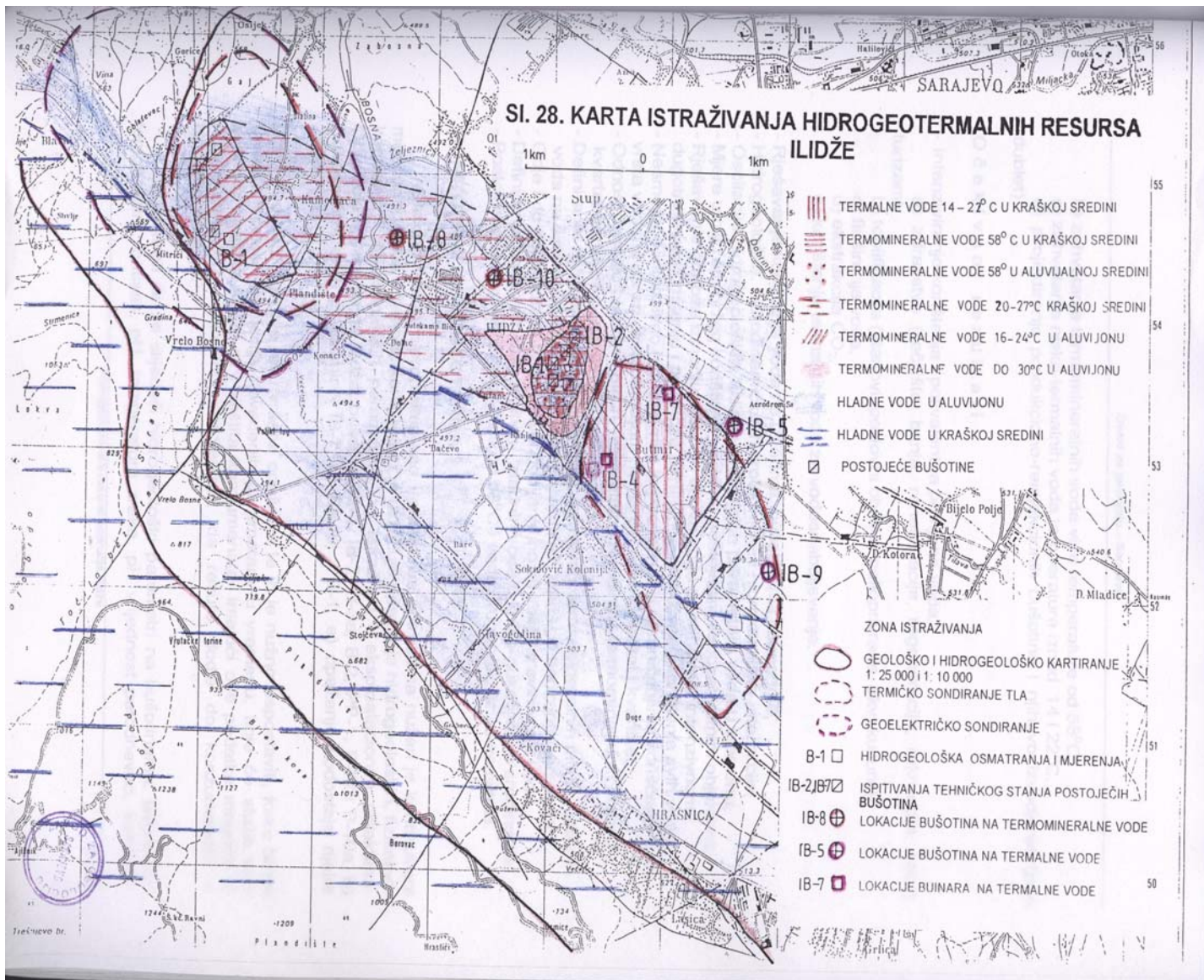
Analiziranjem svih dosadašnjih postignuća predložena su istraživanja koja se sastoje od geoloških, geofizičkih, hidrogeoloških, geotermalnih i bušaćih radova te studijskih izučavanja po fazama.

Da bi se ovi resursi mogli polivalentno, kontinuirano i intenzivno koristiti shodno svojim kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama, te verificiranim indikacijama i širokom dijapazonu primjene, nužno je nastaviti s predloženim istraživanjima koja su zbog posljednjeg rata prekinuta.

## L I T E R A T U R A

- Bać J., 1957.: Zahvat voda plinovitih izvora sa posebnim osvrtom na kaptažne radove u Bosni i Hercegovini, Internacionalni kongres balneologa, Beograd.
- Bać J., 1957.: Pojava pregrijanih para na užem izvorišnom području termalnih izvora u Ilidži kod Sarajeva. II kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
- Božović, B., 1985.: Izlaganje. Savjetovanje "Moguće razvojne komponente opštine Ilidže u kontekstu razvoja grada Sarajeva". Sarajevo.
- Ciglar, M., 1980.: Prirodne mineralne vode i turizam - rukopis, Sarajevo
- Ciglar, M., Nikulin, A., Štern P., 1966.: Eksperimentalni prilog antiflogističkom djelovanju ilidžanske ljevakovite vode. Sarajevo
- Čičić S., Miošić N., 1986.: Geotermalna energija Bosne i Hercegovine. Posebno izdanje Geološkog glasnika - RO "Geoinženjering". Sarajevo
- Djerković, B., 1971.: Geološki i hidrogeološki odnosi područja srednje Bosne. Posebno izdanje Geološkog glasnika - Sarajevo, Knj. X
- Djerković, B., Cerovina A., Pirija O., Ivić S., Tišma R. 1987.: Geotermalni potencijali Ilidže Sarajevo. "Toplane". Sarajevo
- Grupa autora, 1989.: Program razvoja i zaštite područja Ilidža - Vrelo Bosne, Zavod za planiranje razvoja grada Sarajeva. FSD Općina Ilidža.
- Josipović, J., 1971.: Mineralne, termalne i termomineralne vode Bosne i Hercegovine. Geološki glasnik 15. Sarajevo
- Katzer F., 1919.: K poznavanju mineralnih vrela Bosne, Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini, XXXI, Sarajevo.
- Katzer, F., 1926.: Geologija Bosne i Hercegovine. Sv. I, Sarajevo
- Kolektiv autora, 1985.: Savjetovanje - Moguće razvojne komponente opština Ilidža u kontekstu razvoja grada Sarajeva. Ilidža, 28 - 29. III. 1985.
- Krušić I., Miošić N., Slišković I., 1988.: Izvještaj o provedenim hidrogeološkim istraživanjima termomineralnih voda banje Ilidže u 1987. god. Fond stručne dokumentacije Geoinstituta - Ilidža
- Ludwig, E., 1890.: Die Mineralquellen Bosniens. Tschermak s mineral. u. petrograph. Mitteil. Bd. X (Neue Folge) 1889. p. 403-443 und Bd. XI. Wien 1890, p.105 -143 u. 183 - 213
- Ludwig, E., 1894.: Schwefebad Ilidže bei Sarajevo in Bosnien. Monatsblätter des wiss. Club in Wien. p. 96
- Ludwig, E., 1912.: Landeskuranstalt Ilidža bei Sarajevo in Bosnien, Sarajevo
- Miholić, S., 1938.: Kemijska analiza termalnih voda Ilidže. Croatica chemica aet. 12. Zagreb.
- Miholić, S., 1957.: Bosanski kiseljaci. II kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo
- Miošić, N., 1980.: Hidrogeološke strukture i potencijalne zone istraživanja i zahvatanja mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine. Zbornik referata 6.jugoslovenskog simpozija o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji. Portorož.
- Miošić N., 1982.: Genetska kategorizacija mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine, Geološki glasnik 27, Sarajevo
- Miošić N., 1987.: Geneza hidrogeotermalnih konvektivnih sistema H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> u nekim područjima pojava mineralnih i termomineralnih voda Bosne - novija istraživanja. Geološki glasnik 30, Sarajevo.

- Miošić N., Hrvatović H., 1999.: Hidrogeotermalni resursi područja Ilidže. Studija. FSD Zavod za geologiju. Sarajevo
- Slišković, I. i dr., 1983.: Osnovna hidrogeološka karta i tumač lista Sarajevo. FSD Zavod za geologiju, Sarajevo.
- Slišković, I., Krušić I., 1985.: Program istraživanja geotermalne energije šireg područja Ilidže. FSD "Geoinstitut", Ilidža.
- Tišma R., 1989.: Razvojne mogućnosti zdravstvenog turizma na području Ilidža - Vrelo Bosne. Studija Grupa autora, Sarajevo.
- Veselić, M., 1985.: Prilog evaluaciji hidrotermalnih potencijala u prostoru opštine Ilidža. Savjetovanje, Ilidža.



# REZULTATI I PRIORITETI ISTRAŽIVANJA MINERALNIH, TERMALNIH I TERMOMINERALNIH VODA PODRUČJA GRAČANICE

Neven Miošić, dipl. ing. geol.\*

## OSNOVNE NAPOMENE

Zainteresirani subjekti namjeravaju nastaviti s istraživanjem i korištenjem termomineralnih ugljikiselih voda u širem području Gračanice, koja je rat u 1992. god. prekinuo. Sadašnje stanje je takvo, da su bušotine, bunari i svi objekti korištenja voda na lijevoj strani rijeke Spreče u Republici srpskoj, dok je na području Federacije Bosne i Hercegovine samo jedna bušotina – PEB-4 - Čelahuša.

Rezultati dosadašnjih geoloških, geofizičkih, hidrogeoloških i geotermalnih istraživanja voda ukazuju na mogućnost i opravdanost daljeg istraživanja u cilju zahvatanja i korištenja predmetnih resursa i na desnoj strani rijeke Spreče. Analiziranjem svih dosadašnjih rezultata istraživanja i korištenja voda moguće je locirati i izraditi probno-eksploatacione bunare termomineralnih voda i na desnoj strani rijeke Spreče, što je najbrži i najekonomičniji put do korištenja ovog resursa.

Cilj ovog rada je da prikaže rezultate dosadašnjih istraživanja, osnovne karakteristike voda, kvalitet, indikacije, potencijal i primjenu, otvorena pitanja te pravce prioriternih istraživanja ovih resursa. Svi ovi elementi ukazuju na opravdanost istraživanja i zahvatanja resursa na temelju znanstvenih saznanja u svijetu i provedenih radova u Gračanici te imaju neposredno aplikativnu funkciju s aspekta polivalentnog korištenja hidrogeoterma. Pri ovom treba imati u vidu činjenicu, da je ležište ovih resursa u Gračanici jedno od najvećih ne samo u zemlji, već i u cijeloj ex Jugoslaviji.

Inače, u širem području Gračanice postoje uz predmetne i mineralne i niskotemperaturne termalne vode, koje se standardnim metodama trebaju istražiti i zahvatiti te koristiti.

## MINERALNE VODE

U Sočkovcu i Miričini postoje mineralne ugljično kisele vode, a u Lendićima, Ibrićima i Ahmuljićima sulfatno-kloridne vode. U Lendićima su  $\text{HCO}_3$  - $\text{SO}_4$  izvorske vode, mineralizacije 2,3 g/l, koje su sasvim različite geneze od termomineralnih voda. Sada se ne može reći da li ove vode predstavljaju značajnije izdanke obilnih akumulacija podzemnih voda. Vjerojatno se prihranjuju iz krednih i tercijarnih sedimenata te mogu indicirati leće evaporita kamene soli i sulfata u tercijarnim sedimentima. U ovom slučaju bile bi niže produktivnosti od izdani termomineralnih voda sprečanske rasjedne zone u trijaskim karbonatnim akviferima.

Kiseljak u Miričini je mineralna ugljikisela voda kojoj porijeklo može biti dvojako: a) akumulacija je formirana u tercijarnim sedimentima i vjerojatno predstavlja hladne vode, b) izvorska voda predstavlja izdanak dubljih termomineralnih akumulacija s  $\text{CO}_2$  slično vodama u Sočkovcu. Da bi se ovaj dualizam riješio potrebno je provesti detaljnija istraživanja.

Na kiseljaku u Sočkovcu odredili su istaknuti znanstvenici E. Ludwig (1889) i F. Katzer (1919) temperaturu vode od 24 odnosno 23°C, mineralizaciju cca 0,4 g/l s ekshalacijama slobodnog  $\text{CO}_2$  od 1,1 g/l, te nisu pretpostavili da je to miješana voda, koja se djelomično prihranjuje barem s  $\text{CO}_2$  iz dubokih akumulacija termomineralnih ugljično kiselih voda više temperature.

---

\* Zavod za geologiju – Sarajevo, Bosna i Hercegovina, fax:0038733621567, e-mail: zgeolbih@bih.net.ba

U to vrijeme nije bilo poznato postojanje u ovom području termomineralnih voda obogaćenih s CO<sub>2</sub> i teško je bilo na ondašnjoj razini znanosti kao i na temelju točkastog opažanja, pretpostaviti postojanje izdani termomineralnih voda. I kasniji istraživači su smatrali da u Sočkovcu postoje samo mineralne vode.

Tek je J. Bać 1978. god., provedenim bušenjima u Sočkovcu, otkrio, po prvi put, postojanje u Sočkovcu i Boljaniću snažnih akumulacija termomineralnih voda s bogatim ekshalacijama CO<sub>2</sub>, što je otvorilo put intenzivnim i efikasnim istraživanjima, zahvatanjima i korištenju hidrogeoterma do 1992. god.

## **TERMALNE VODE**

Termalne hiperalkalne vode otkrivene su 1985. god. (N. Miošić, 1987) u potoku Velika Prenja uzvodno od Karanovca i u Dubokom potoku kod Lipovaca u ozrensko-serpentinitsko-peridotitskom masivu i predstavljaju izvore niske izdašnosti ( $Q=0,1$  l/s) s pH=12,6 i 12,0, temperature 18,5 i 16,5. Uz Kulaše su jedinstvene vode u Bosni i Hercegovini i ex Jugoslaviji, a velika rijetkost su i u Svijetu, jer ih nema više od 5-6 pojava. One su N<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> plinskog sastava, niske mineralizacije od 155 i 185 mg/l, nemaju CO<sub>2</sub> i potpuno se genetski i fizikalno-kemijski razlikuju od termomineralnih voda Gračanice. Bušotinom SB-1 u Velikoj Prenji, dubine 200 m, dobijeno je crpljenjem  $Q=0,1$  l/s,  $t_v=17,5^{\circ}\text{C}$  uz sniženje  $s=30$  m i dokazana hidraulička veza s obližnjim izvorima pri dubini bušotine od 117 m.

Indikacije ove vode su: liječenje hiperacidnog gastritisa, čira na želucu i dvanaestercu uslijed hiperaciditeta, šećerne bolesti, kožnih oboljenja (psorijaza), liječenje kamenca u žuči i bubrezima; voda ima diuretičko svojstvo, pije se kao lijek, može se inhalirati i koristiti za kupke.

Sve ovo opravdava daljnja istraživanja u cilju dobijanja većih količina hiperalkalnih termalnih voda te ispitivanja njihove primjene. Svakako se postavlja pitanje da li postoje slične vode na desnoj strani rijeke Spreče, što treba utvrditi izučavanjem objavljenih i fondovskih materijala te rekognosciranjem terena.

## **TERMOMINERALNE VODE**

### **Osnovne geološke i hidrogeološke karakteristike**

Od 1979. do 1992. god. izvođena su intenzivna geološka, geofizička i hidrogeološka istraživanja te strukturna-istražna i eksploataciona bušenja kao i izučavanja indikacija i primjene termomineralnih voda. Značajniji rezultati istraživanja su dati u brojnim programima, projektima, elaboratima i studijama, a ovdje ću prikazati osnovne elemente.

Složenost geologije i tektonike rezultira u kompleksnom formiranju hidrogeoloških karakteristika, režima i dinamike podzemnih voda.

Osnovne karakteristike izvedenih bušotina s aspekta hidrogeoloških parametara su date u slijedećoj tabeli:

Bušotina	God. izrade	Dubina, m	Izdašnost, l/s	Pritisak, bar	Temperatura, °C	Snaga, MW <sub>term</sub>
OB-1 Boljanić	1979	73,5	3	0,7	24,5	0,16
GB-1 Kakmuž	1979	76,0	30	2,3	38	3,6
GB-2, Kakmuž	1980	103,0	20	2,3	39	2,3
GB-3, Sočkovac	1985/86	481,1	25	1,8	37,5	2,9
GB-4, Gračanica	1986/88	600,0	25	1,5	37	2,9
GB-5, Gračanica	1988/1989	621,7	5	-0,3	23	
GB-6, Sočkovac	1989/90	200	120	1,2	39	14,1
PEB-4, Čelahuša	2003	336,61	80	3,4	37,7	8,6

Akumulacije termomineralnih voda javljaju se u trijaskim krečnjacima i kvarc-karbonatnim stijenama s arteškim hidrauličkim mehanizmom u sprečanskoj rasjednoj zoni u kojoj se vrši ascendentna konvekcija iz još nepoznatih dubina. Vode su generalno krovno baražirane dijabaz-rožnom formacijom i ultramafitima te tercijarnim sedimentima, koji ujedno predstavljaju podinske barijere descendentnom kretanju običnih voda te su na taj način zaštićene od hlađenja i zagađenja. U blizini postojećih bušotina ne može doći do infiltracije običnih površinskih i podzemnih voda u krečnjački akvifer te su temperatura i kemizam termomineralnih voda sačuvani i zajamčeni. U području GB-1 postoji ascenzija termomineralnih voda iz krečnjaka direktno u aluvion te otuda pojave kolonskih pumpi miješanih (obične + termomineralne) voda temperatura od 18 do 30 °C i ekshalacija CO<sub>2</sub>, a na GB-3 penetracija voda u pliocen te su temperature već na 60 m dubine oko 20°C, a u bazalnom dijelu 37°C.

Prilivi voda na bušotinama u krečnjacima su na raznim dubinama i u najvećem broju hidraulički nezavisni u prirodnom režimu prije bušenja. To dokazuju različite temperature, pritisci i fiziko-kemizam voda tokom bušenja; iz ovog se vidi, da postoji i interstratifikacijska, horizontalna do subhorizontalna kavernožnost i ispucalost krečnjaka na raznim dubinama, koja je izraženija od rasjedne, koja daje ascendentnu konvekciju vertikalnim komunikacijskim drenovima. Izdašnosti, temperature i snage bušotina su različite; bušotine u krečnjacima imaju temperature od 37-39°C, najveću snagu od 14 MW<sub>term</sub>. ima eksploatacioni bunar GB-6, dubine svega 200 m. Snage na GB-3 i GB-4 su niže, jer su to bušotine i na njima nije moguć veći samoizliv zbog malenog prečnika bušotina.

Akviferi hidrogeotermi-trijaski krečnjaci su masivni, iregularno karstificirani po vertikali i horizontali, veoma vodopropusni i veoma vodoobilni kolektori termomineralnih voda. Imaju izraženu paleo i recentnu karstifikaciju te sekundarnu disolucionu karstnu poroznost.

Termomineralne vode su stare vode, prednuklearne po triciju, a po <sup>14</sup>C stare 20.000 do 40.000 godina, spore vodozamjene i cirkulacije, ali atmosferskog porijekla, prihranjuju se iz hipsometrijski viših dijelova Ozrena i okolnih planina. Vode iz dubljih horizonata bušotina imaju nešto uvećanu temperaturu i nižu mineralizaciju te veći priliv (GB-6), što opravdava dublja bušenja.

Vode su različite temperature, većinom oko 38°C s plinskim faktorom GWR=1,5-2,5, a plin je cca 99% čist CO<sub>2</sub> od svih slobodno ekshalirajućih plinova, arteški pritisak na učcu bušotina je od 1,5 do 2,5 bara. Karakteristično je, da u Sočkovcu, Kečkovcu, Bunarinama, a vjerojatno i na više lokacija u koritu rijeke Spreče postoje ekshalacije CO<sub>2</sub> bez voda.

Kako su krečnjaci nosioci visoko produktivnih akumulacija termomineralnih voda i CO<sub>2</sub>, to je otkrivanje njihovog položaja, prostranstva, dubine te hidrogeoloških karakteristika od relevantnog značaja za istraživanje i zahvatanje te definiranje kvantiteta, kvaliteta i primjene resursa.

## Fiziko-kemizam i kvalitet voda

Termomineralne ugljično kisele vode Gračanice su hipertermalne, mineralne  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na-Mg}$  tipa, kisele sa sadržajem rastvorenog  $\text{CO}_2$  od 200-620, mg/l, sa slobodnim  $\text{CO}_2$  od 2 l/l vode s povećanim sadržajem  $\text{SiO}_2$  i  $\text{HBO}_2$  i željeza s bogatim sadržajem efektivnih mikroelemenata, s mineralizacijom 3,5 g/l, blago radioaktivne; temperature voda su od 37-39° C. sadržaj rastvorenog i slobodnog  $\text{CO}_2$  je 98-99%.

Vode iz kvarc-karbonatnih i krečnjačkih kolektora na GB-4 su međusobno slične, što ukazuje na zajedničko porijeklo iz primarnog akvifera ili na hidrauličku vezu između ova dva horizonta. Postoje i različite temperature priliva voda na svakoj bušotini, ali one ne prelaze 3° C (GB-4).

Termomineralne ugljično kisele vode Boljanića su hipotermalne, mineralne,  $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$  kiseliце sa sadržajem rastvorenog  $\text{CO}_2$  od 470-1770 mg/l sa slobodnim  $\text{CO}_2$  od 1,5 l/l vode s povećanim sadržajem  $\text{SiO}_2$  i  $\text{HBO}_2$  i bogatim sadržajem efektivnih mikroelemenata, s mineralizacijom od 3,3-4,8 g/l, blago radioaktivne, temperature 24,5° C. Sadržaj rastvorenog i slobodnog ugljičnog dioksida je oko 98%.

Iz izloženog se vidi, da postoje fluktuacije fiziko-kemizma po raznim dubinama priliva voda na bušotinama i u vremenu, ali ove oscilacije ne ugrožavaju kvalitet voda.

## Indikacije i primjena voda

Indikacije i primjena voda atestirana je i verificirana od većeg broja eminentnih institucija ex Jugoslavije; tako su balneološko-medicinska izučavanja izvršena od nadležnih institucija iz Sarajeva, Zagreba i Maribora i sva su dala istovjetne rezultate.

Istraživanja indikacija i primjene resursa su pokazala širok dijapazon korištenja kao što su: flaširanje stolne mineralne vode, energent u poljoprivredi (uzgoj puževa, školjki, riba, gljiva, preadi, stoke, cvijeća i povrća), toplifikacija industrijskih i stambenih prostora, ekstrakcija  $\text{CO}_2$  iz voda, upotrebu inkrustata za dohranjivanje peradi i kao gnojivo te korištenje voda za liječenje, u balneologiji, terapeutici, rehabilitaciji, rekreaciji, zdravstvenom turizmu i sportu.

Indikacije voda za liječenje su: probavni organi, poremećaji u aciditetu i sekreciji sluznice probavnih organa, žuč i žučni putevi, srce i krvne žile, lokomotorni sistem, širok dijapazon reumatičnih bolesti, bolesti metabolizma, dijabetes, bubrežna oboljenja, liječenje u kućnoj njezi.

Primjena voda bi bila: kade, kupke, tuševi, bazeni, pijenje, inhalacije, kupke sa  $\text{CO}_2$ .

Budući da se na desnoj strani rijeke Spreče može izvesti bunar, koji bi dao 100 l/s,  $t_v = 37^\circ \text{C}$ , to prikazujem kvantificirane parametre korištenja u balneologiji, termoenergetici (zagrijavanje prostora i staklenika) i eksploataciji  $\text{CO}_2$

Balneološka primjena: a) za bolesnike-25 kada +2, 2 bazena; b) za zdravstveni turizam-bazen, tuševi, c) za rekreaciju-2 bazena, tuševi- ukupno: 5536 osoba, utrošak vode 50 l/s

Energetska primjena: a) korištenje balneološki tretiranih voda ( $Q=50$  l/s,  $t_v = 27,5^\circ \text{C}$ ). Snaga za toplifikaciju bi bila referentno s  $11^\circ \text{C}$  3,2  $\text{MW}_{\text{term}}$ .

b) korištenje 100 l/s,  $t_v = 37^\circ \text{C}$ ,  $t_{\text{ref}} = 11^\circ \text{C}$ , snaga=10,8  $\text{MW}_{\text{term}}$  u dvije alternativne varijante-1) za zagrijavanje stambenog i poslovnog prostora-moglo bi se grijati 77600  $\text{m}^2$  ili 1200 2,5 -sobnih stanova kvadrature 65  $\text{m}^2$ ,

2) za zagrijavanje staklenika-1,6-3,8 ha staklenika.

Zagrijavanje bi se vršilo toplinskim pumpama.



Energetski komparativni parametri snage 10,8 MW<sub>term</sub> su: 11800 t ekv. uglja/god=8180 t ekv. nafte/god=37800 t uglja tipa Kreka/god.

Iz izloženog se vidi da se vode kao energent mogu koristiti i nakon balneološkog tretmana, ali je tada snaga 6,8 MW<sub>term</sub>.

Ekstrakcija CO<sub>2</sub>: za plinski faktor GWR=2 iz bunara sa 100 l/s vode dobijamo 200 l/s CO<sub>2</sub>. Ako uzmemo da je to zbog raznih gubitaka 150 l/s plina=300 g/s ili 25,8 t CO<sub>2</sub>/dan.

Svi navedeni podaci jasno ukazuju na opravdanost izrade većeg broja eksploatacionih bunara na termomineralne vode s ugljičnim dioksidom.

### **Prognozni potencijal termomineralnih voda**

Prema sadašnjim saznanjima akumulacije termomineralnih voda prostiru se u pojasu uz rijeku Spreču od Suhog polja nizvodno pa preko Gračanice prema Miričini. Pitanje kontinualnog prostiranja sada je otvoreno kao i dubina do krečnjaka te produktivnost karbonatnog kolektora. Na istok prema Lukavcu ovi akviferi vjerojatno duboko zaliježu, dok se u zoni Gračanica-Suho polje mogu očekivati manje dubine do trijaskih akvifera. Bez istražnih bušotina nije moguće projektirati i odrediti lokaciju i dubinu bušenih bunara kao optimalnih eksploatacionih vodozahvata.

U sprečanskoj rasjednoj zoni moguće je zahvatiti vode sa barem dvadesetak bunara, orijentacionih dubina od 300- 1000 m sa snagama od 4 -14 MW<sub>term</sub>.

Na relativno malom istražnom prostoru postojećih bušotina uočljive su različite dubine do krečnjačkih akvifera, koje se kreću od 20-347 m od površine terena, a što opredjeljuje dubine bunara. Slične situacije se mogu očekivati i u ostalim perspektivnim zonama istraživanja. Svakako, moguća su i pozitivna iznenađenja, da je dubina do kolektora malena, kakav je slučaj na bušotinama GB-1 i GB-2, što bi veoma pojeftinilo zahvatanja voda. Iz ovog se vidi, da je ključni zadatak determinirati ovakve zone.

Najvjerojatnije je, da će buduće intenzivno korištenje voda biti po sistemu produkciono-reinjekcionih bunara, čime će se omogućiti spriječavanje pada energetskog potencijala na bušotinama, odnosno korištenje voda stotinama godina te djelovati ekološki pozitivno, jer će se iskorištena voda vraćati u akvifer. Na ovaj način racionalizirati će se i broj potrebnih bunara te korištenje učiniti veoma ekonomičnim.

Ako bi se nabušili višeenthalpijski fluidi, to bi učinilo istraživanja, zahvatanja i eksploataciju voda još efikasnijim.

## **PRAVCI DALJNJIH ISTRAŽIVANJA**

### **Mineralne i termalne vode**

Za područja pojava mineralnih voda u Lendićima, Miričini, Ahmuljićima i Četoviji potrebno je uraditi posebne Osnovne projekte detaljnih geoloških i hidrogeoloških istraživanja, koji će obuhvatiti predbušaće geološke, geofizičke i hidrogeološke radove, izradu strukturno-ispitnih bušotina te izradu po jednog probno-eksploatacionog bunara na svakoj lokaciji s potrebnim standardnim pratećim terenskim, laboratorijskim i kabinetskim radovima uz verifikaciju rezervi voda, atestiranje istih te definiranje kvaliteta, indikacija i primjene voda.

Termalne vode u Suhom polju i Seljanuši predstavljaju hipotermalne resurse i isti će se kao i do sada koristiti za vodoopskrbu stanovništva, a ako se na nekim lokacijama dokažu pojave s višim temperaturama, one će se koristiti sukladno svojim kvalitetom i indikacijama.

## Termomineralne vode

Rezultati istraživanja, zahvatanja i korištenja termomineralnih voda i CO<sub>2</sub> Gračanice omogućuju u sadašnjim uvjetima nastavak ratom prekinutih aktivnosti te definiranje adekvatnog i sigurnog pristupa radu kao i provođenje istraživanja na desnoj strani rijeke Spreče.

Cilj radova je definiranje puta i sadržaja istraživanja, kako bi se optimalno i ekonomično zahvatili ovi resursi i što je moguće brže priveli eksploataciji, što je ostvarivo izradom eksploatacionih bušenih bunara.

Nivo istraženosti i korištenja voda omogućuje definiranje prioriternih pravaca daljnjih istraživanja s desne strane rijeke Spreče, koji bi se, između ostalog, sastojali u determiniranju položaja-dubine, prostranstva te hidrogeoloških karakteristika trijaskih krečnjaka kao glavnih akvifera termomineralnih voda i CO<sub>2</sub>. Prema sadašnjim spoznajama ovdje mogu po dubini biti slijedeći slučajevi odnosa predmetnih akvifera i njihove krovine:

1) al -M<sub>3</sub>-peridotiti-T<sub>2,3</sub>, 2) Pl<sub>1</sub>-M-P<sub>c</sub>-K<sub>2</sub>-J-T<sub>2,3</sub>, 3) Pl-M-J-T<sub>2,3</sub>, 4) Pl-J-T<sub>2,3</sub>, 5) J-T<sub>2,3</sub>, 6) Pl-J-T<sub>2,3</sub>, 7) al-T<sub>2,3</sub>.

Iz ovog se vidi, da mogu biti veoma raznolike dubine do trijaskih krečnjaka i da bi bile najpovoljnije lokacije ad7), kakav je slučaj na GB-1 i GB-2, ali pod uvjetom, da u blizini nema gubitaka iz izdani u vidu ekshalacija CO<sub>2</sub> ili izvora termomineralnih voda na površini terena.

Zone daljnjih istraživanja po kronološkim i izvedbenim prioritetima bi bile:

1) Gračanica - Stupice – Travljac - Pribava, 2) Bare, 3) Klokočnica, 4) Trnovac, 5) Lendići – izdanačka zona jurske dijabaz-rožne formacije, 6) Krčevine - Brestovačke bare, 7) Brijesnica– izdanačka zona jurske dijabaz-rožne formacije i 8) Pribava - Orahovica.

U zonama 1), 2) i 3) moguće je prići projektiranju probno-eksploatacionih bunara, dok bi se u zonama 4), 5), 6), 7) i 8) trebali izvesti neophodni predbušači istražni geološki, geofizički i hidrogeološki radovi.

U ovim zoni moglo bi se izvesti barem 20-ak bunara s pojedinačnom snagom 4-14 MW term. U budućnosti bi korištenje resursa bilo sistemima produkcije i reinjekcije, što omogućuje trajnost objekata, sprječavanje pada energetske potencijala na bušotinama i zaštitu ekologije. Rok izvođenja ovih radova će ovisiti o konzumaciji resursa, a sada se procjenjuje na 20-ak godina.

Prioritetni pravci istraživanja bi bili slijedeći:

- a) - izrada tri nova probno-eksploatacionih bunara na desnoj strani rijeke Spreče u gore navedenim zonama 1) Gračanica - Stupice – Travljac - Pribava, 2) Bare, 3) Klokočnica,
- b) izvođenje probno-eksploatacionih bunara u zonama 4) Trnovac, 5) Lendići – izdanačka zona jurske dijabaz-rožne formacije, 6) Krčevine - Brestovačke bare, 7) Brijesnica– izdanačka zona jurske dijabaz-rožne formacije i 8) Pribava – Orahovica s pripadajućim predbušačim istraživanjima,

- c) geološko-hidrogeološka evaluacija svih dosadašnjih radova s elaboriranjem radova, bilansiranje voda, režim korištenja i zaštita,
- d) prognoza postojanja višeenthalpijskih fluida i mogućnosti njihovih zahvatanja i e) izrada novih bunara za zahvatanje voda viših termoenergetskih nivoa.

Navedenim pristupom istraživanja termomineralnih voda i ugljičnog dioksida bi se najbrže i najekonomičnije zahvatile dodatne količine ovih resursa te omogućilo njihovo polivalentno korištenje.

Dosadašnji stupanj istraženosti opravdava zacrtani pristup i prioritetne pravce istraživanja bez grešaka u tehnološkom i kronološkom kontinuitetu i omogućuje prognoziranje povoljnih rezultata istraživanja, zahvatanja i korištenja ovih sirovina. Sadašnja otvorena pitanja i problemi pri korištenju resursa nisu prepreka zacrtanim radovima, već omogućuju postizanje boljih rezultata.

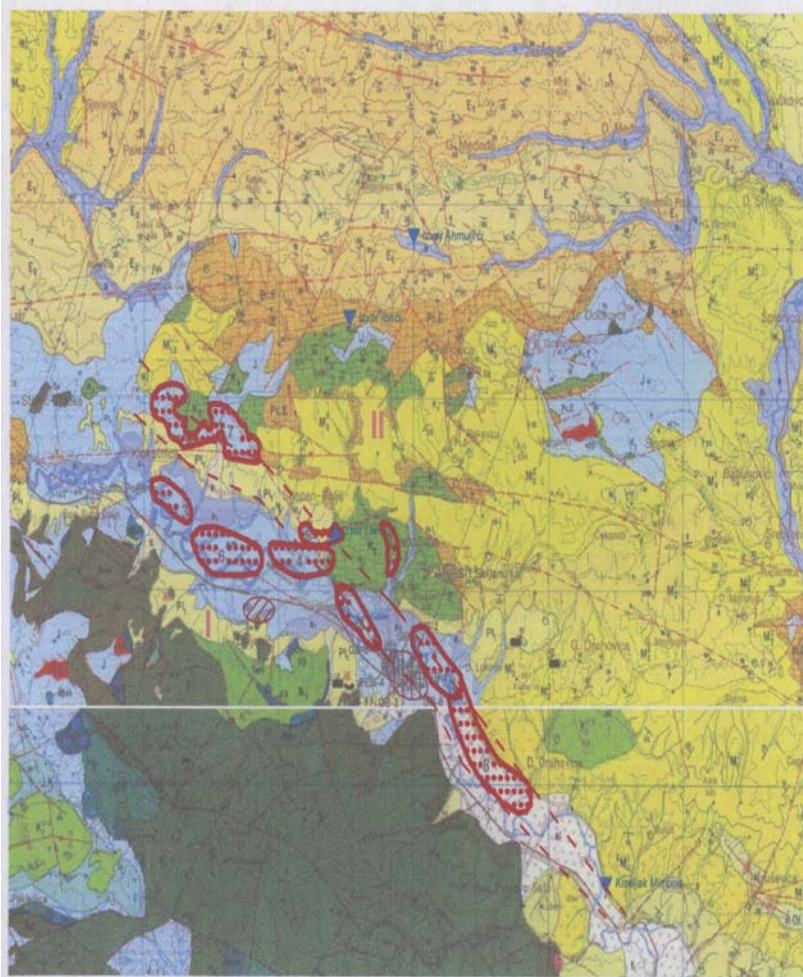
Da bi se prišlo konkretnim programiranim istraživanjima potrebno je prethodno uraditi odgovarajuće projekte istraživanja te prići evaluaciji hidrogeotermalnih resursa i elaboriranju izvršenih radova. Projektiranju istraživanja i zahvatanja višeenthalpijskih fluida moguće je prići u sadašnjim fazama rada pri čemu bi trebalo uraditi specijalističke studije, koje će odgovoriti na esencijalna pitanja ima li voda viših temperatura od 40<sup>0</sup>C, gdje su locirane u prostoru po vertikali i horizontali i kolika je dubina od površine terena do akumulacija voda viših energetskih razina.

## LITERATURA

- Čičić, S., Miošić, N., 1986.: Geotermalna energija Bosne i Hercegovine. "Geoinženjering" - Sarajevo
- Čvorović, Lj., 1967.: Naftno-geološke karakteristike mineralnih, termalnih i termomineralnih voda SRBiH. II knjiga - Katastar hemijskih analiza mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH. FSD "Geoinženjering" - Sarajevo
- Ćirić, V., Miošić, N. et al., 1983.: Katalog pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda SFRJ. Savezni geološki zavod. Beograd
- Geološki zavod-Sarajevo, 1965. : Osnovna geološka karta SFRJ-list Zavidovići s Tumačem - SGZ-Beograd
- Hrvatović, H. (2006) Geological guidebook through Bosnia and Herzegovina, Herald Geological, volume 28. Geological Survey B&H, Sarajevo, 2006.
- Laušević, M & Jovanović, Č., 1976. : Osnovna geološka karta SFRJ-list Doboj s Tumačem-SGZ-Beograd
- Josipović, J., 1971. : Mineralne, termalne i termomineralne vode na teritoriji Bosne i Hercegovine. Geološki glasnik 15-Sarajevo
- Katzer, F., 1919. : K poznavanju mineralnih vrela Bosne. Sarajevo (1962-1972): Osnovna geološka karta-list Doboj
- Ludwig, E., 1890.: Die Mineralquellen Bosniens. Tschermak's Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 11, Wien
- Miholić, S., 1957. : Bosanski kiseljaci. II kongres geologa Jugoslavije. Sarajevo
- Miošić, N., 1980. : Hidrogeološke strukture i potencijalne zone istraživanja i zahvatanja mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine. VI jugoslavenski simpozij o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji. Portorož
- Miošić, N., 1980. : Projekt hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda i plina CO<sub>2</sub> na području Boljanića i Sočkovca. FSD Zavod za geologiju-Sarajevo
- Miošić, N., 1981. : Aspekti sadašnjeg i perspektivnog istraživanja, zahvatanja, korištenja i zaštite mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine. Geološki glasnik 26-Sarajevo
- Miošić, N., 1982. : Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji termomineralnih voda i ugljičnog dioksida Sočkovca i Boljanića kod Gračanice. FSD Zavod za geologiju -Sarajevo
- Miošić, N. et al., 1986. : Izvještaj regionalnih istraživanja geotermalne energije u području Teslić-Gračanica-Lukavac. FSD Zavod za geologiju-Sarajevo
- Miošić, N., 1987. : Geneza hidrogeotermalnih konvektivnih sistema H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> u nekim područjima pojava mineralnih i termomineralnih voda Bosne-novije interpretacije. Geološki glasnik 30-Sarajevo
- Miošić, N., 1987. : Hiperalkalne novootkrivene termalne vode u Bosni. Geološki glasnik 30-Sarajevo
- Miošić, N., 1989. : Izvještaj o strukturno-istražnoj bušotini GB-5-Gračanica. FSD Zavod za geologiju-Sarajevo
- Miošić, N., 1995. : Hydrogeothermal potentials of Bosnia and Herzegovina. Nafta-
- Miošić, N., 1997.: Termomineralne vode općine Gračanica. Zbornik radova Okruglog stola Termomineralni resursi na području općine Gračanica kao osnov podsticaja malih i srednjih preduzeća – Gračanica, VI 1997.
- Miošić, N., Tahirović, F., 1984. : Projekat hidrogeoloških istraživanja za zahvatanje

- termomineralnih voda i ugljičnog dioksida područja Gračanice (za 1984/85 god.). FSD Zavod za geologiju-Sarajevo Zagreb
- Miošić, N. , Tahirović, F. , 1985. : Elaborat o provedenim istraživanjima i dobijenim rezultatima regionalnih geotermalnih izučavanja zone Teslić-Gračanica-Tuzla i hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda i CO<sub>2</sub> područja Gračanice za prvu fazu 1984/85. FSD-Zavod za geologiju-Sarajevo
- Miošić, N. , Tahirović, F. , 1987. : Izvještaj o provedenim istraživanjima i dobijenim rezultatima na termomineralne vode područja Gračanice 1985/86 (Bušotina GB- 3). FSD-Zavod za geologiju-Sarajevo
- Miošić, N. , Tahirović, F. , 1989. : Izvještaj o provedenim istraživanjima i dobijenim rezultatima na termomineralne vode područja Gračanice 1986/88 god. (Bušotina GB-4). FSD Zavod za geologiju-Sarajevo
- Miošić, N. , Turalija, A. , Skopljak, F. , 1997. : Projekt izrade probno-eksploatacionog bunara PEB-4-Jelahuša-Gračanica FSD-Zavod za geologiju-Sarajevo
- Mojićević, M., Čičić, S., et al. 1987.: Geološko-tektonske karakteristike sjeverne Bosne. Geološki glasnik 31-32. Sarajevo.
- Olujić, J. , 1971. : Izvještaj o geološkim i laboratorijskim ispitivanjima na istražnom području Sočkovac kod Gračanice u 1970. godini. FSD Zavod za geologiju-Sarajevo
- Pamić, J. , 1977. : Alpski magmatsko-metamorfni procesi kao indikatori geološke evolucije terena sjeverne Bosne.
- Tahirović, F. (1990): Studija o rezultatima izvodjenja istražno-opitnih bušotina i njihovih hidrogeoloških karakteristika na području M.Z. Stjepan Polje, FSD, Federalnog zavoda za geologiju.

# PILOG



## KARTA MINERALNIH, TERMALNIH I TERMOMINERALNIH VODA GRAČANICE

1:100 000

### LEGENDA

- Centralni ofiolitski kompleks stijena
- Unutrašnji tektonizirani melanž
- Sprečanska rasjedna zona - ascendentna konvektivna cirkulacija termomin. voda
- Dokazana akumulacija termomineralnih voda u trijaskim i jurskim karbonatima (t<sub>v</sub>=38°C)
- Dokazana akumulacija termomineralnih voda u jurskim karbonatima (t<sub>v</sub>=25°C)
- Izvori mineralnih voda - Lendići, Miričine, Ahmuljići, Ibriči
- Bušotine termalnih voda - Suho Polje, Seljanuša
- Bušotine termomineralnih voda - GB-1, GB-2, GB-3, GB-4, GB-5, GB-6 i PEB-4
- Zone istraživanja i zahvatanja termomineralnih voda
  - 1 Eksploataciono bušenje sa velikom snagama voda - Gračanica-Stupice-Travljaci-Pribava
  - 2, 3 Pliće bušenje sa srednjim snagama voda - Bare
  - 4 Pliće bušenje sa velikim snagama voda - Tmovac
  - 5 Dublje bušenje srednjih energetskekih nivoa voda - Lendići
  - 6 Srednje dubine bušenja s nižim snagama voda - Krčevine, Brestovačke bare
  - 7 Dublje bušenje srednjih energetskekih nivoa voda - Brijesnica
  - 8 Dublje bušenje srednjih energetskekih nivoa voda - Pribava-Orahovica

# GOSPODARENJE VODAMA U DELTI NERETVE

Zelenika, M.<sup>17</sup>, Trenc, N.<sup>18</sup> i Čavić, M.<sup>19</sup>

## SAŽETAK

Močvare (vlažna staništa) imaju veoma važnu ulogu u ciklusu kruženja vode jer uspostavljaju ravnotežu između procesa isparavanja vode, obnavljanja površinskih i podzemnih voda te primanja oborinskih voda. Osim što su vlažna staništa istovremeno i prirodna staništa mnogih ugroženih biljnih i životinjskih vrsta, ona također imaju brojne druge vrijedne prirodne funkcije, jer pružaju zaštitu od poplava, doprinose purificiranju vode, potiču razvoj tradicionalne poljoprivrede, turizma i rekreacije te znanstvenih istraživanja. Iako su tijekom posljednjih 125 godina ljudi štetno intervenirali u prirodni okoliš sliva Neretve u njenu Deltu posebno, i sada je prirodni okoliš u Delti od međunarodnog značaja zbog svoje biološke raznolikosti i prekrasnih krajolika. Delta Neretve ima najveće i najvrjednije ostatke Mediteranskih močvara i laguna, koje su rijetkost u Europi. Zato je delta Neretve uvrštena u Popis vlažnih staništa od međunarodnog značenja u smislu Ramsarske konvencije, kojoj je R.Hrvatska pristupila 1991. godine kao punopravna članica. Time se je obvezala na odgovorno čuvanje, upravljanje i racionalno korištenje vlažnih staništa na području svoje zemlje. Integrirano upravljanje vodama u sustavu slivova Neretve i Trebišnjice i pravična raspodjela voda korisnicima u smislu EU WFD, moguće je ostvariti samo dogovorom opunomoćenih predstavnika 'Hrvatskih voda' i 'Jadranskog sliva' sa predstavnicima svih korisnika vode, koji trebaju pregovaranjem formulirati i potpisati pravičan Ugovor. Realiziranje ovog ugovora treba osiguravati inspekcijska komisija, čije članove bira zajednica korisnika u smislu zajednički napisanog naputka o njihovom radu potpisanog od predstavnika svih korisnika. U ovoj publikaciji navode se poznate ugroze prirodnog okoliša i daju određene preporuke glede zaštitnih mjera prirodnog okoliša i izbora predstavnika korisnika vode različitih sektora radi uspješnog provođenja EU WFD direktive.

**Ključne riječi:** Delta Neretve, močvara, zaštita okoliša, izvori vode, gospodarenje vodama

## 1. UVOD

Delta Neretve je oduvijek privlačila pozornost ljudi zbog svoje ljepote i gospodarskih potencijala, kojima se željelo profitabilno gospodariti. Okvirna direktiva o vodama EU (WFD) zahtijeva od svih europskih zemalja suvremeni koncept integralnog upravljanja riječnim bazenima radi udovoljavanja pravičnim interesima svih tradicionalnih i potencijalnih korisnika vode (stakeholders), uključujući vodoopskrbu, održiv razvitak, rekreaciju, zaštitu voda i prirodnog okoliša. Za realiziranje WFD propisan je rok od 15 godina, koje već protječu bez zadovoljavanja pravičnih interesa pregovorima, koji nisu ni počeli, a hitni su radi potrebe zaštite delte Neretve.

---

<sup>17</sup> Prof.dr.sc. Mladen Zelenika, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

<sup>18</sup> Mr.sc. Neven Trenc, Državni zavod za zaštitu prirode Zagreb/R.Hrvatska

<sup>19</sup> Milena Čavić, dipl.ing.geol. Geofizika d.d. Zagreb – Geofizika d.o.o. Sarajevo

Velike količine vode u slivovima Neretve i Trebišnjice, u prirodnim hidrološkim, ekološkim, hidrogeološkim i klimatskim uvjetima, od presudnog su značaja za opstojnost najveće mediteranske močvare na istočnoj obali Jadranskog mora. Regulacija Neretve i njenih pritoka, promijenila je intenzitet erozije u koritu i slivu Neretve i Trebišnjice pa uvjetovale nestanak nanosa veoma vrijednog za Deltu. Gradnja hidroelektrana u slivovima, prometnica i naselja u samoj Delti, eksploatiranje šljunka iz korita te pijeska na ušću, isušivanje močvara i njihovog prevođenja u poljoprivredno tlo, promijenili su režim i kakvoću površinskih i podzemnih voda u slivu. U delti Neretve su ostali raštrkani ostaci močvara u intenzivno kultiviranom i naseljenom okolišu. Reducirane su površine većine nekadašnjih tršćaka, močvara, jezera i lagune, koje su veoma važne za zimovanje brojnih vrsta ptica, hranilišta riba, za turiste zainteresirane za ljepota krajolika močvare. Hidrološke i hidrogeološke odlike te spomenuti antropogeni zahvati u slivu, značajno su ugrozili prirodni okoliš i mogućnosti održivog razvoja tradicionalnih proizvodnih aktivnosti u Delti kao što su: poljoprivreda, ribolov, lov i turizam. Značajnije ugroze okoliša u Delti ovdje definiramo kako slijedi:

- Zaslanjen je bazen Male Neretve, kojeg je trebalo čuvati radi navodnjavanja melioriranih površina na lijevoj strani delte Neretve. Zaslanjuje se i tlo u Delti zbog smanjenja kapaciteta izvora kvalitetne vode na rubovima Delte, jer su skrenute poplavne vode s krških polja u betonirane odvođe prema moru.
- Sliježe se tlo u Delti, kojem nedostaju ranije količine riječnog nanosa zadržanog u akumulacijama hidroelektrana u slivu.
- Sve je veći klin slane vode u koritu Neretve, koji se proteže u sušnoj sezoni od mora do Gabele pa se morske ribe pojavljuju u Neretvi i Norini.
- Melioracijski sustav nije dovršen, nedostaje kvalitetne (slatke) vode u vegetacijskoj sezoni za nužno navodnjavanje usjeva. Tlačne crpne stanice i tlačni sustav za navodnjavanje su izvan funkcije.
- Fekalne vode iz naselja i smetlišta degradiraju kakvoću vode u obodnom kanalu na lijevom obodu Delte, Mislini i jezeru Kuti.
- Nestao je PIK 'Neretva' u Opuzenu koji je gradio i održavao melioracijske objekte te koordinirao poljoprivrednu proizvodnju u Delti. Tako je promijenjen sustav vlasništva poljoprivrednih površina, oblik parcela, plodored kultura, degradiran je sustav održavanja hidrotehničkih objekata i koordinacija poljoprivrednih aktivnosti, a ribolov i lov su bez učinkovitog nadzora.
- Bagerima se kopaju zabranjeni jendeci u prirodnim močvarama čime se nanosi višestruka šteta Delti. Javljaju se neprihvatljive tendencije za produblivanjem korita vodotoka (Norina) u močvarama, iako je poznato da se degradiranjem korita omogućava intenzivniji dotok slane vode iz mora i podzemnih zaslanjenih vodonosnika. Lokalni lovci bez mjerodavne ekspertize biologa, zahtijevaju paljenje ševara u močvarama.

Definiranje pravičnih vodoprivrednih dozvola za svakog korisnika vode s uvjetima korištenja, sustavnog praćenja i vrjednovanje promjena odlika tla, vode i zraka te razina, kakvoće i protoka vode u različitim sezonama, najvažniji su uvjeti za primjereno **gospodarenje i nadzor upravljanja vodama u slivu.**



Gospodarenje vodama je osnovni čimbenik održivog razvoja i djelotvornog očuvanja prirodnog okoliša područja s njegovom autohtonom florom i faunom. Okvirna direktiva o konceptu integralnog upravljanja vodama u riječnim bazenima u Europi (EU WFD), zahtijeva od svih europskih zemalja, pravično udovoljavanje interesima svih korisnika vode (stakeholders). Zato je nužno inauguirati točan popis korisnika vode u slivovima Neretve i Trebišnjice s podacima o godišnjim potrebama vode po mjesecima i njihovo djelovanje na promjene kvaliteta korištene vode. Uvjete i količine korištenja vode treba jasno definirati u vodoprivrednoj dozvoli korisnicima, što treba temeljiti na Ugovoru postignutom dogovaranjem predstavnika svih korisnika vode. Današnji korisnici, od individualnih potrošača vode i komunalnih poduzeća za vodoopskrbu, poljoprivredu, ribarstvo, turizam i riječni promet do industrije i elektroprivrede, dužni su se pridržavati odredbi očekujućih vodoprivrednih suglasnosti. To je garancija čuvanja prirodnog okoliša, planiranje uporabe prostora s održivim razvojem i uvjeta za šport, rekreaciju, turizam i znanstvena istraživanja.

U ovoj publikaciji se daje pregled štetnih intervencija koje ugrožavaju prirodni okoliš Delte. Uzroke promjena prirodnog okoliša u Delti treba jasno definirati i kvantitativno procijeniti utjecaj svake od antropogenih aktivnosti. Preporučuje se nadležnim institucijama i korisnicima voda u slivu, hitno dogovaranje njihovih predstavnika o pravičnom korištenju voda u smislu EU WFD i važećih propisa. Dogovor postignut konsenzusom trebaju djelotvorno provoditi institucije upravljanja i gospodarenja vodama u slivovima Neretve i Trebišnjice. Njihov rad treba sustavno kontrolirati relevantna inspeksijska institucija radi čuvanja vrijednog prirodnog okoliša uz održiv razvoj tradicionalnih aktivnosti pučanstva u Delti.

## **2. OPĆI PODACI O SLIVU**

Delta Neretve se može podijeliti u tri morfološki različita dijela: područje krša, nizinsko područje same Delte i obalni pojas. Za stvaranje Delte karakterističan je njezin rub s naglom promjenom nagiba i čvrstim vapnencima, koji izgrađuju obodno područje. Vapnenci izgrađuju i karakteristične humove što izbijaju iz kvartarnih deltnih sedimenata. Za deltu Neretve su karakteristična proširenja, koja su dinarskog pružanja, a prvo od njih je nizvodno je od Počitelja s lijeve strane Neretve (Hutovo blato i Deransko jezero), što predstavlja hercegovački dio Delte. U blizini državne granice Delta se suzuje na svega 1,2 km (Gabela – Dračevo). Nizvodno od Gabele proširenje je na desnoj stani Neretve (Vidovsko blato unutar trokuta Podgrede – Kula Norinska – Gabela). Treće proširenje je s lijeve strane rijeke u trokutu Metković – Opuzen – jezero Kuti. Kod Opuzena se Delta opet suzuje na svega 2,6 km. Završno proširenje (današnje aktivne delte) područje je Ploče – Krvavac – Lovorje, i to je agrarno najvažniji dio Delte. Površina tako određene neretvanske Delte iznosi oko 170 km<sup>2</sup>, a od toga R.Hrvatskoj pripada 120 km<sup>2</sup> ili 70%.

Za stvaranje delte su potrebne velike količine nanosa i najmanja energija morskog okoliša na ušću rijeke. Neretva je, prema procjenama s početka 20.stoljeća, donosila nanos od oko 500.000 m<sup>3</sup> godišnje. Poluotok Pelješac štiti Neretvanski kanal od otvorenog mora pa je raspon morskih mijena bio povoljan za nastanak Delte. Današnji reljef kopna i podmorja u području doline i ušća Neretve posljedica je tektonskih pokreta, klimatskih promjena, promjena razine mora tijekom geološke prošlosti i time uvjetovanih erozijskih i sedimentacijskih procesa. Neotektonski pokreti od donjeg pliocena do danas, imali su presudan utjecaj na stvaranje Delte.

Osnova postanka donjeg toka rijeke Neretve tektonski je predisponirana, a vezana je uz vjerojatno jaču rasjednu zonu okomitu na pružanje Dinarida, duž koje je voda modelirala dolinu Neretve. Za razvoj Delte važne su globalne oscilacije razine mora. Naime, morska je razina globalna granica iznad koje prevladavaju procesi erozije stijena, a ispod nje prevladavaju procesi akumulacije materijala.

Slivovi rijeka Neretve i Trebišnjice teritorijalno pripadaju dvjema državama, BiH i R.Hrvatskoj. Neretva izvire 5 km južno od Jabučice brda u blizini planine Zelengore na nadmorskoj visini od 1.095 m. Dužina Neretve je 218 km, od čega je u RH samo 22,3 km. Njeno orografsko porječje iznosi oko 5.580, a ukupno 10.100 četvornih kilometara (Margeta i Fistanić, 2000.). U svom gornjem toku Neretva prolazi terenima koji su uz karbonatne stijene građeni i od klastičnih sedimentnih, magmatskih i metamorfnih stijena. Dolina je u početnom dijelu paralelna pružanju Dinarida, a od nekadašnjeg utoka rijeke Rame znatnim dijelom presijeca Dinaride i usmjerava se prema jugu. Neretva do Počitelja u svojim prirodnim uvjetima ima bujično-erozijske karakteristike, a nizvodno prelazi u deltno područje s ravničarskim meandrirajućim tokom, s brojnim zaostalim rukavcima, jezerima i kriptodepresijama.

Klimatske karakteristike područja sliva Neretve variraju s udaljenošću od mora. Nisko područje bliže moru ima mediteransku klimu, srednji dio kontinentalnu, a najudaljeniji i najviši dio ima planinsku klimu. Srednja vrijednost godišnjih oborina je 1650 mm, a kreće se u granicama između 1500 i 1800 mm/godinu. Najveći dio oborina javlja se u zimskom razdoblju, a najmanje je oborina ljeti. Srpanj je ponekad i bez oborina pa je nužno dodatno navodnjavanje usjeva. Temperatura se kreće od  $-29$  do  $+43$  °C, a godišnja evaporacija je od 500 do 900 mm. Srednji godišnji protok rijeke je  $269 \text{ m}^3/\text{s}$ , najmanji je  $44 \text{ m}^3/\text{s}$ , a najveći  $2179 \text{ m}^3/\text{s}$ . Koeficijent otjecanja je oko 0,871 (Margeta i Fistanić, 2000.).

Krška građa pretežitog dijela slivova Neretve i Trebišnjice uvjetuje krške značajke terena i otjecanja oborinskih voda. Gibanje oborinskih voda podzemnim i površinskim tokovima je veoma važan čimbenik za vrijednosti ekoloških parametara, koji su od presudnog utjecaja za razvoj i održavanje biocenoze i od veoma bitnog utjecaja na genezu većine morfoloških krških pojava, kojima ovo područje obiluje: podzemne špilje, jame, vrulje, oka, ponori, estavele, izvori, krška polja na različitim nadmorskim visinama i Delta.

Poplavne vode na krškim poljima se javljaju povremeno, gdje se ljeti oskudijeva s vodom. Poplavne vode igraju važnu ulogu za napajanje izvorišta kvalitetne vode u nižim područjima sliva uključujući i rubove Delte.

Granice slivova Neretve i Trebišnjice istraživane su s puno truda i postignuti značajni rezultati na toj složenoj zadaći. Obje rijeke i njihove pritoke su veoma bogate vodom u kišnoj sezoni. Neretva se ulijeva površinski u more, a Trebišnjica prirodno ponire većim dijelom svoga prirodnog korita i najvećim dijelom na Popovom polju, koje je plavljeno i do 7500 ha površine s 303 dana trajanja (1915.). Poplave su u prosjeku trajale 199 dana/godinu. Vode sliva Trebišnjice su ponirale na rubovima kraških polja, i izvirale na u morskim vruljama te brojnim važnim vrelima po rubovima Hutova blata i Delte odakle su otjecale u Neretvu. Mala Neretva na lijevoj strani Delte spominje se kao dio sliva Trebišnjice (Hrvatske vode).

### 3. POVIJEST GOSPODARENJA DELTOM

Voda je obnovljiv ali istovremeno ograničen i veoma osjetljiv prirodni resurs (ekonomsko dobro) pa se za korištenje vode moraju primijeniti kriteriji: ekonomske efikasnosti, slobodnog pristupa i pravične raspodjele respektirajući održivost vitalnih ekosustava i održivog razvoja. Vodu kao geofizički pojam definiraju 3 parametra: **količina, kakvoća i njena pozicija** (lokalitet). Obzirom na njenu uporabnu vrijednost – voda ima **socijalno-ekonomsku i ekološku kategoriju** pa je to četvrti parametar, kojim se definiraju uvjeti za zahvatanje, korištenje i zaštitu vode (Knežević,2004). Poduzetni lokalni stanovnici i vlast koja je upravljala područjem, imali su obično različite pristupe i aktivnosti glede razvoja gospodarstva na bazi prepoznatih prirodnih potencijala Delte. Ovdje definiramo 5 povijesnih razdoblja u kojima su se razlikovale strategije aktivnosti u gospodarskom korištenju Delte (B. i M. Glamuzina 2001), kako slijedi:

1. U starije doba i u srednjem vijeku, najviše se koristila riba za život pučanstva. Područje je bilo važno za prolaz u Balkansko zaleđe iz ostalih dijelova Grčke i kasnije Rimske države. U srednjem vijeku je Opuzen (Opus) bio utovarno odredište za utovar soli proizvedene u Stonu za korist Dubrovačke republike radi isporuka u Bosnu i ostala mjesta Otomanskog carstva.

2. Mletačka vlast dolazi na ovo područje u 17. vijeku i razvija ribarstvo u Delti po ugledu na tehnologiju prakticiranu na rijeci Po. Tadašnja vlast je planirala razvoj velikih ribnjaka u lagunama i davala financijsku pomoć. Dolaskom Napoleonove vlasti ribarstvo se zapostavlja, a onemogućena je i vladavina Dubrovačke republike.

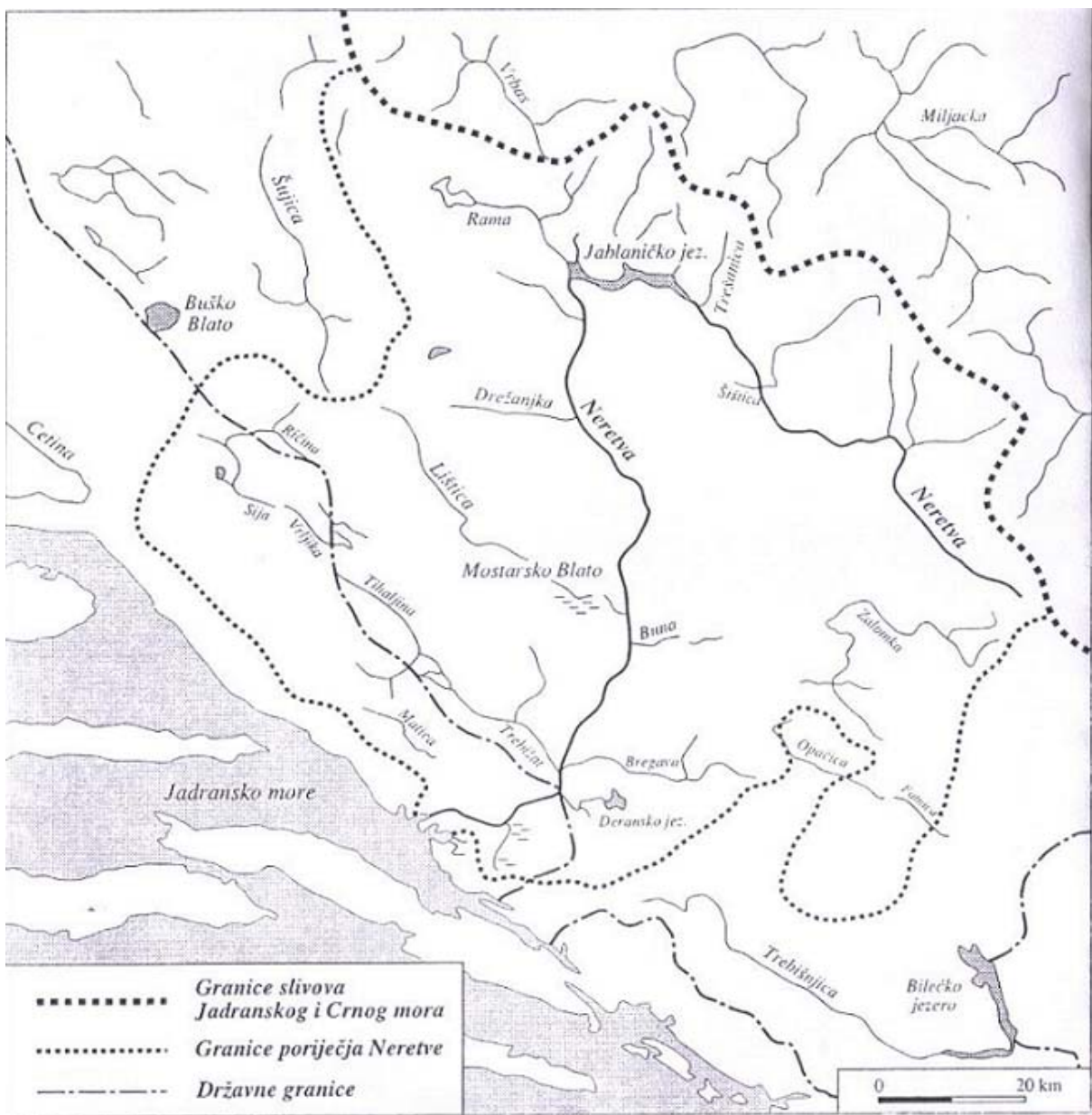
3. Nakon kratke Francuske okupacije na područje je došla Austro-ugarska uprava, koja je razvijala transportnu infrastrukturu za izvoz minerala i drveta, pogotovo nakon aneksije BiH. To je zahtijevalo izgradnju željeznice i plovnog puta cca 20 km, od mora do luke u Metkoviću (1889-1891). Tada je produbljeno i skraćeno korito Neretve, izgrađeno više prometnica, naselja i nasipa na štetu brojnih ranijih jezera, blatušā, laguna i 12 plićih riječnih rukavaca kojima se Neretva ulijevala u more. Reducirane su površine većine nekadašnjih tršćaka, močvara, jezera i laguna, koje su veoma važne za zimovanje brojnih vrsta ptica, hranilišta riba i prekrasnih krajolika ove najvažnije mediteranske močvare. Taj zahvat ima veoma negativne posljedice za ribarstvo, jer je većina jezera i laguna bogatih ribom, ostalo bez dovoljnog dotoka svježē vode. Nakon dramatičnog smanjenja ulova ribe, uređeno je nekoliko ribnjaka na moru, što je ublažilo nestašicu ribe, a poboljšane saobraćajnice su uvjetovale bolju prodaju ribe pa je prihod ribara očuvan.

4. Druga polovica 20. stoljeća je razdoblje intenzivnog razvoja poljoprivrede. Nakon II svjetskog rata bilo je značajno sučeljavanje dviju strategija razvoja Delte. Jedna je zahtijevala razvoj aqakulture, sličan onom koji je planiran za vrijeme Mletačke vlasti prije 200 godina. Druga strategija lokalnog utjecajnog admirala S. Parmača zagovarala je razvoj poljoprivrede i pobijedila. Pokrenut je plan intenzivnih melioracija u najvećoj laguni Modrić i nekoliko jezera u Delti. Poljoprivreda i njena prateća industrija naglo su se razvijale, a ribarstvo reducirano na lokalne potrebe. Izgrađena je nova luka u Pločama i prateći prometni sustav pa je područje postalo toliko privlačno za doseljavanje novih stanovnika da se u to vrijeme pučanstvo Delte udeseterostručilo. Zbog hidroenergetskih potencijala u slivu Neretve, tijekom ovog razdoblja, izgrađeno je 5 hidroelektrana.

5. Koncem 20. stoljeća je prevladala strategija zaštite okoliša, čuvanja prirodnih bogatstava i razvoja turizma. Direktan rezultat te strategije, proglašenje je zaštite riba, ptica i posebno vrijednih krajolika u laguni Perila, jezerima Kuti i Modro oko, Orepak i Prud. U ovom razdoblju su doneseni brojni domaći, europski i međunarodni propisi na različitim razinama, uključujući spomenuti koncept integralnog upravljanja riječnim bazenima radi udovoljavanja pravičnim interesima svih tradicionalnih i potencijalnih korisnika vode (stakeholders).

#### **4. HIDROGEOLOŠKE ODLIKE DELTE I SLIVOVA**

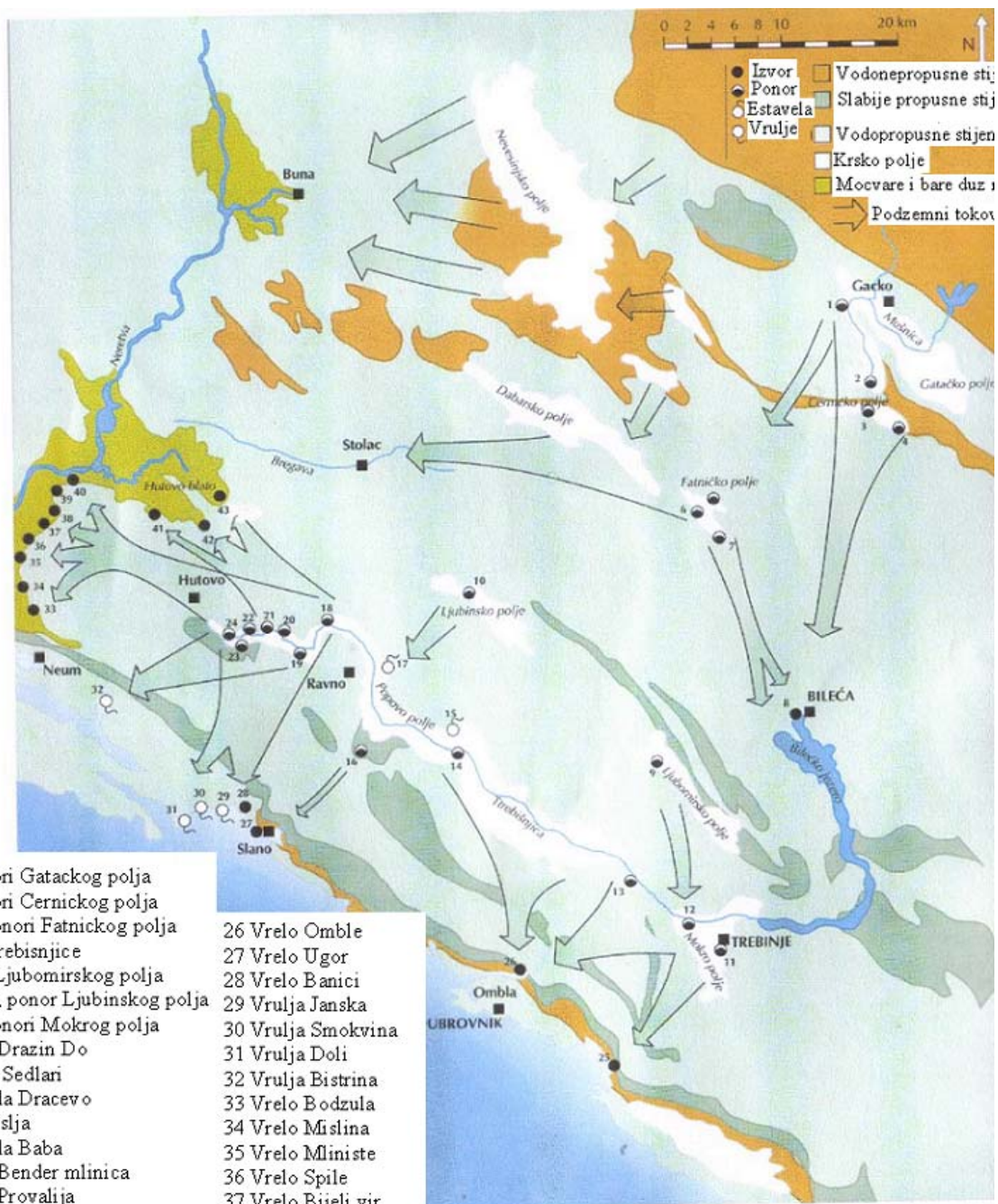
Za gornji dio sliva Neretve karakteristično je intenzivno površinsko, a za središnji dio sliva Neretve i sliv Trebišnjice podzemno dotjecanje vode (Mišetić i sur.2005.). Glavne prirodne podzemne akumulacije vode formiraju se u planinskim morfostrukturama (Čvrstica, Čabulja, Prenj, Velež i dr.). Najsloženiji karakter dotjecanja vode je u donjem toku Neretve, gdje je intenzivno podzemno dotjecanje vode iz sliva krških polja, s Popova polja i Bačinskih jezera posebno. Na slici 1. dan je prikaz površinskih vodotoka u slivovima Neretve i Trebišnjice s njihovom međusobnom vododijelnicom. Trasirane su državne granice, vododijelnice sliva Neretve i Cetine te Jadranskog i Crnomorskog sliva.



**Slika 1. Površinski vodotoci u slivovima Neretve i Trebišnjice (Štambuk-Giljanović)**

Gornji toka Neretve ima više desnih pritoka (Slatnica, Ljuta i Bijela). Nizvodno od Konjica Neretva se ulijeva u Jablaničko jezero nastalo izgradnjom brane u blizini ušća Rame. Neretve nizvodnije prima s desne strane pritoke: Kraljušnicu, Doljanku, Grabovicu, Drežanjku, Radobolju, Jasenicu, Trebižat, Norinu i Desanku.

Posebno su značajne prirodne površinske akumulacije vode, koje su se javljale svake kišne sezone na istočnoj i zapadnoj strani Neretve. Kraška polja su većinom tektonski predisponirana i uobličena djelovanjem egzogenih čimbenika i procesa (Milanović i sur. 2004.). Obično su prostranija od 100 ha, pokrivena su kvartarnim naslagama i okružena karstificiranim karbonatnim masama koje nadvisuju razine polja. Tablica 1 pokazuje prosječne količine protoka na pojedinim krškim poljima i u vodotocima za razdoblje 1926-1965. (Milanović i sur. 2004.)



- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| 1 i 2 Ponori Gatačkog polja      | 26 Vrelo Omble       |
| 3 i 4 Ponori Cernickog polja     | 27 Vrelo Ugor        |
| 5, 6 i 7 Ponori Fatničkog polja  | 28 Vrelo Banici      |
| 8 Vrelo Trebišnjice              | 29 Vrulja Janska     |
| 9 Ponori Ljubomirskog polja      | 30 Vrulja Smokvina   |
| 10 Konac, ponor Ljubinskog polja | 31 Vrulja Doli       |
| 11 i 12 Ponori Mokrog polja      | 32 Vrulja Bistrina   |
| 13 Ponor Drazin Do               | 33 Vrelo Bodzula     |
| 14 Ponor Sedlari                 | 34 Vrelo Mislina     |
| 15 Estavela Dracevo              | 35 Vrelo Mliniste    |
| 16 Bitomislja                    | 36 Vrelo Spile       |
| 17 Estavela Baba                 | 37 Vrelo Bijeli vir  |
| 18 Ponor Bender mlinica          | 38 Vrelo Glusci      |
| 19 Ponor Provalija               | 39 Vrelo Sunjica dub |
| 20 Ponor Doljasnica              | 40 Vrelo Doljani     |
| 21 Ponor Crmulja                 | 41 Vrelo Sopot       |
| 22 Ponor Lisac                   | 42 Vrelo Svitava     |
| 23 Ponor Zira                    | 43 Vrelo Londza      |
| 24 Ponor Ponikva                 |                      |
| 25 Vrelo Plat                    |                      |

Slika 2. Krška polja i ponori u slivu Trebišnjice i dijelu sliva Neretve (Hrvatske vode)

Od mnogobrojnih krških polja u slivu na desnoj strani Neretve, najvažnija su: Posuško-Virsko polje, Imotsko-Grudsko polje, Mostarsko Blato, Brotnjo polje, Ljubuško polje, Rastok, Vrgoračko polje (Jezero s rijekom Maticom), i dolina Trebižata. Na slici 1. prikazana su i Bačinska jezera, koja su tunelom vezana za Vrgoračko polje (Jezero).

Vrgoračko polje je plavilo tijekom kišnih razdoblja pa su brojni ponori po rubovima polja bili aktivniji nego danas kada vode rjeđe i kraće preplavljaju polja, jer je Jezerac tunelom vezan za Jezero, Jezero drugim tunelom za Bačinska jezera i Bačinska Jezera s morem (Pejaković i sur. 2003.). Bojenjem je utvrđena podzemna veza ovih ponora s važnim izvorom vode Klokun kod Bačinskih jezera i u Modrom oku u Delti.

Lijeva strana sliva Neretve i područje sliva Trebišnjice izgrađuju uglavnom karbonatske stijene sličnih svojstava kao i desnu. Za područje lijeve strane Neretve uzvodno od Konjica važno je Boračko Jezero. Lijeve pritoke Neretve kako slijedi: Jezerica, Duboki potok, Dobrinja, Glogošnica, Buna ( $Q_{sr} = 41200$  l/s) i Bunica, koje se napajaju iz slivova Nevesinjskog i Slatog te dijela Lukovačkog polja, Bregava ( $Q_{sr} = 18400$  l/s), koja nastaje od stalnog vrela Bitunja i povremenih vrela Veliki i Mali Suhović.

Vrela Bregave napajaju vode iz ponora na Dabarskom, Trusinskom i dijelom Lukovačkom polju te dio voda sa Fatničkog polja (vidi Sliku 2). Vode iz slivova spomenutih krških polja sa kojih se napajaju izvorišta Bune, Bunice i Bregave, planiraju se skrenuti kanalima i tunelima prema Bileći tj. hidroelektranama na Trebišnjici u okviru projekta 'GORNJI HORIZONTI'. Realiziranje ovih planova - prevođenje voda u sliv Trebišnjice bi imalo katastrofalne posljedice za Bunu, Bunicu pa čak umiranje Bregave te štete za deltu Neretve. Krupa ( $Q_{sr} = 18.000$  l/s) ulijeva se također u Neretvu nizvodno od Gabele. Osim spomenutih pritoka postoje još brojni stalni i povremeni izvori vode.

Na slici 2 i tablici 1 prikazani su podaci o slivovima s ponorima i podzemnim tokovima važnijih krških polja na lijevoj strani Neretve: Dubrave, Nevesinjsko, Dabarsko, Fatničko, Gacko, Bilečko, Ljubomirsko i Ljubinjisko polje. Trebišnjica nema površinskog toka do Neretve niti mora, pa njene vode poniru duž njenog korita do Gorice manjim i duž Mokrog i Popova polja najvećim dijelom.

Obilježivačima su istraživani smjerovi voda iz ponora u slivovima Neretve i Trebišnjice prema nizvodnim izvorima (vidi Sliku 2.). Na istoj slici je dana legenda pojedinih krških pojava i oznake tih pojava s brojevima i popisom lokaliteta.

Tablica 1 - Podaci o krškim poljima na istočnoj strani Neretve

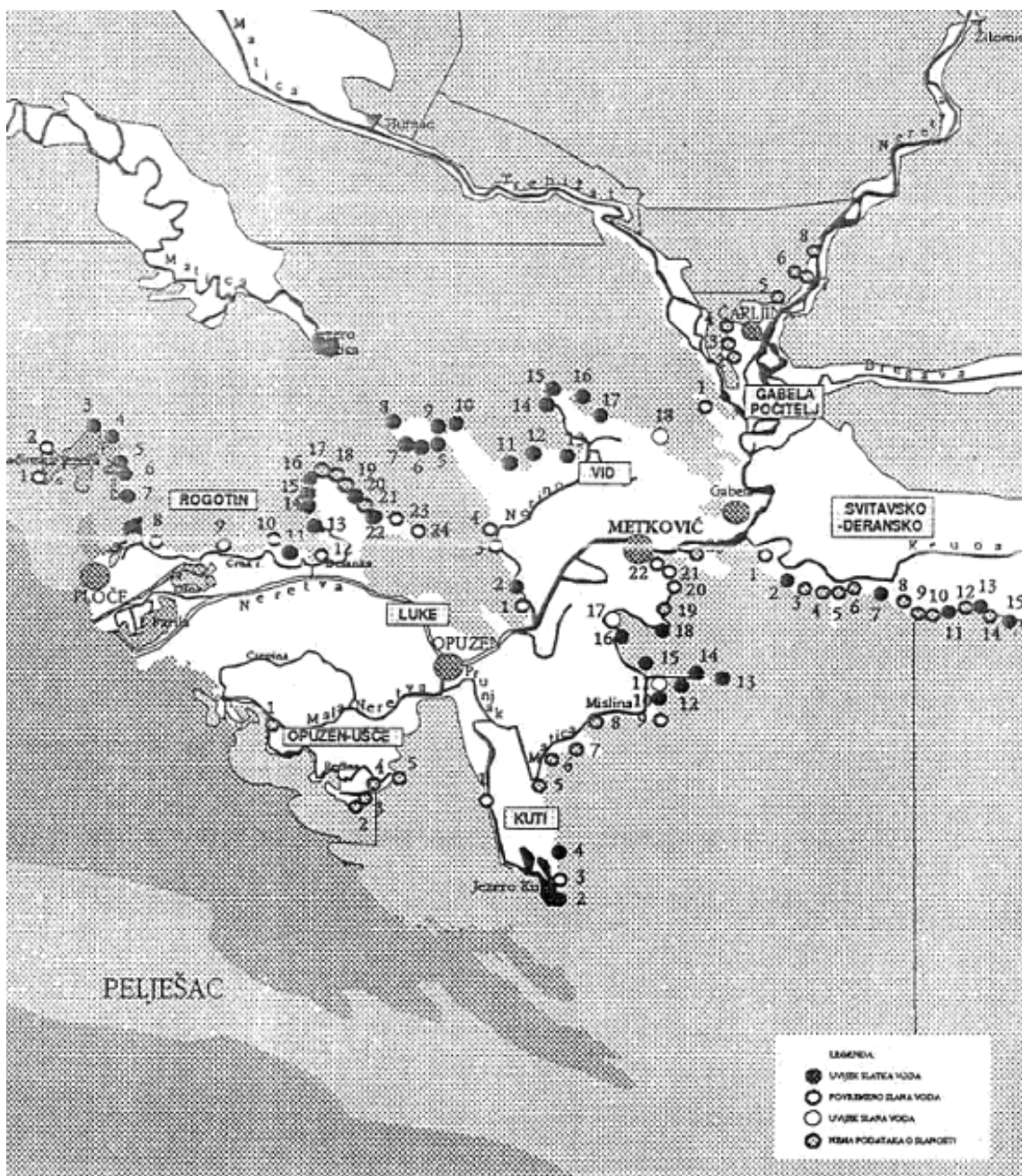
Polje	Sliv	Površina (ha)	Rijeka	Qsr. (l/s)	Kota m.n.m.	Poplave (dane/god)
Gacko	TRE		Mušnica	8000	950	
Nevesinjsko	NER		Zalomka	10800	850-900	
Slato	NER				1080	
Lukavačko	NER				950	
Cerničko	NER				850	
Dabarsko	NER	3300	Opačica		470-560	108
Fatničko	NER/TRE			9700	460-480	131
Bilečko	TRE				420	
Ljubomirsko					520	
Ljubinjnsko					420	
Mokro					270	
(Grančarevo)			Trebišnjica	81000		
(Gorica)			Trebišnjica	93000		
			Bregava	18300		
Popovo polje			Trebišnjica		230	199

#### **4.1. Izvori, kakvoća vode i kvartarne naslage u delti Neretve**

Dosadašnje tehničke intervencije radi dreniranja spomenutih krških polja, uzrokovale su presušnja i/ili smanjenja izdašnosti većine vrela na rubovima Delte u odnosu na količine utvrđene 1960-tih. Ove utiske potvrđuju predstavnici lokalnih lovačkih udruga u Delti, koji izjavljuju da je izdašnost rubnih izvora u slivu Norine smanjena za 60 do 70% i u slivu Desanke i za cca 40% u odnosu na izdašnosti iz 1960-tih godina, jer su provedene značajne intervencije za odvodnju poplavnih voda kanalima i tunelima s krških polja.

Na Slici 3. označene su brojevima mikrolokacije pojedinih izvora vode u donjem toku Neretve, koji predstavljaju približne lokacije izvora grupiranih u 6 područja, kako slijedi: **GABELA-POČITELJ 8 izvora, područje VID-a 18 izvora, područje ROGOTINA 24 izvora, SVITAVSKO-DERANSKO područje 40 izvora, KUTI 23 izvora i područje OPUZEN-UŠĆA 15 izvora .**



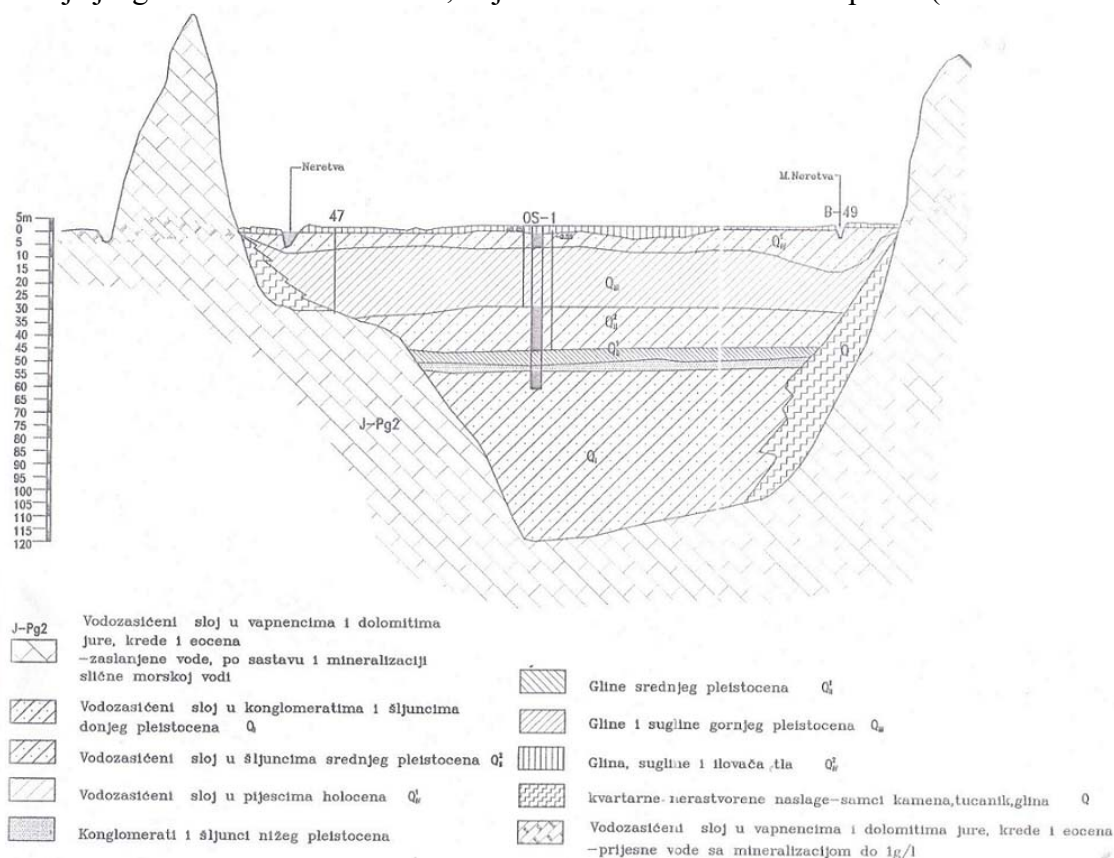


**Slika 3. Prikaz položaja izvora vode u donjem toku Neretve (Hrvatske vode)**

Izdašnost i kakvoću vode ovih vrela su opažale ekipe 'Jaroslav Černi' ranih 60-tih godina XX stoljeća. Tijekom lipnja 2006. stručna ekipa DZZP obišla je samo neka od ovih vrela i konstatirala veoma smanjene izdašnosti izvora u odnosu na ranije izdašnosti (Zelenika i Trenc, 2006). Izvor Prud je najveći od posjećenih vrela, a voda je zahvaćena radi vodoopskrbe Opuzena, dijela Metkovića, Pelješca, Mljeta i Korčule, a ostatak vode teče Norinskom rijekom. Istočnije od Vida je područje zaslanjenog vodotoka Glibuša, koja vrije na hercegovačkom teritoriju i slana vrela iz Slane Drage kod Crnića iz kojih voda teče u močvaru «Njivice».

Iako su izdašnosti izvora po desnom rubu Delte smanjene, ipak je ovdje više slatke vode nego na lijevoj strani pa su upravo na desnoj strani, u slivovima Norine i Desanke ostavljeno glavnih (pet) zaštićeni lokaliteti na površini od ukupno 1.620 ha (Vego i Radivić) u kategorijama ornitološkog rezervata (Pod Gredom, Prud i Orepak), ornitološko-ihtiološki rezervat (Delta Neretva), odnosno zaštićeni krajolik (Modro Oko i jezero Desne). Postoje prijedlozi da se dio vode iz Norine i Desanke transportira sifonima ispod Neretve radi navodnjavanja parcela na lijevoj strani Neretve. Najnovijim hidrogeološkim prospekcijama izvora po rubovima desne i lijeve strane Delte, potvrđena je pojava opserviranih izvora na karbonatnim stijenama i dobra kakvoća vode za navodnjavanje, ali su količine nedovoljne u vegetacijskom razdoblju usjeva (Zelenika i Trenc, 2006).

Kakvoća podzemnih voda u kvartarnim vodonosnim naslagama donjeg toka Neretve (Slika 4) nije prihvatljiva za natapanje usjeva. Kvartarne naslage u Delti, uključujući područja: između Vida i Metkovića, Kutu, Koševo, Vrbovci, analizirane su na terenu i u laboratoriju uvidom u kolekcije jezgre dobivene iz bušotina, koje su nažalost bile većinom plitke (Hrvatske vode).

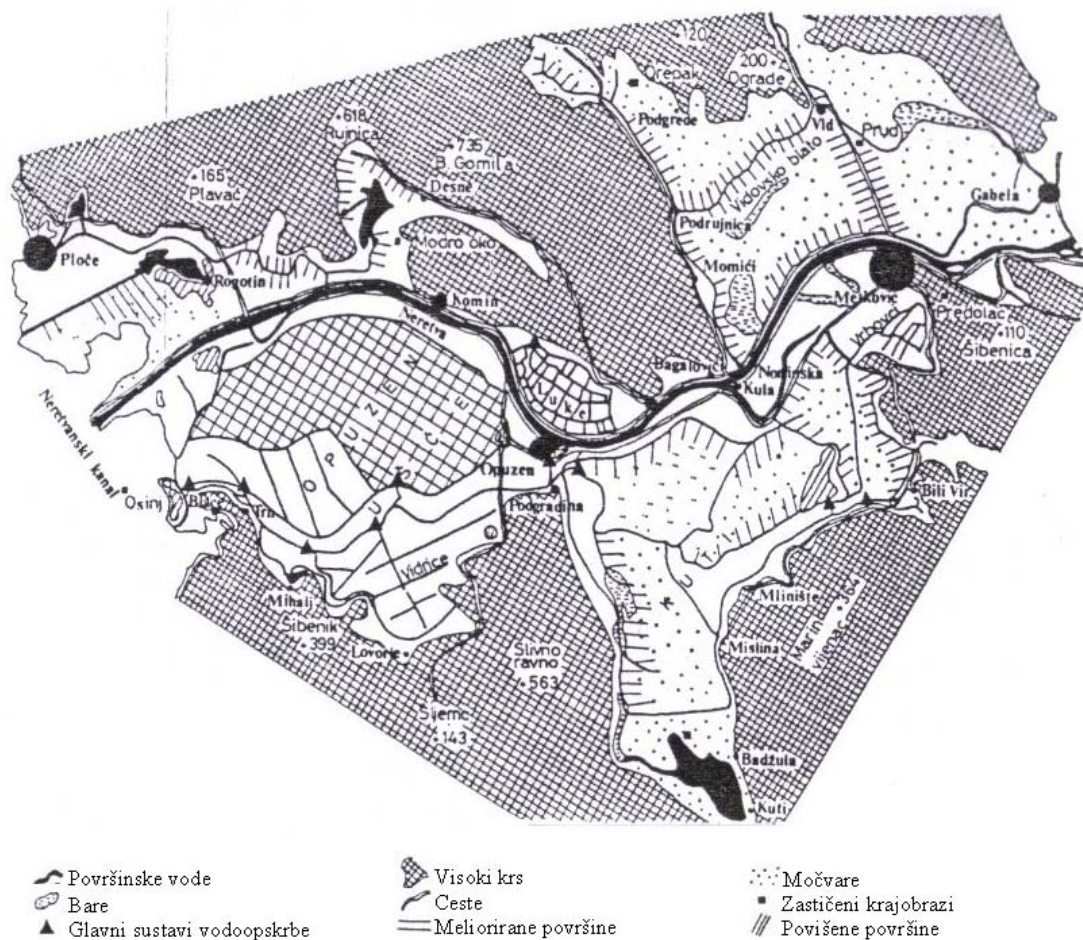


Preuzeto iz elaborata Beljovski- 1988.god.

**Slika 4. Hidrogeološki profil područja ušća Neretve (Hrvatske vode)**

Na profilu s tumačem prikazanom na slici 4 vidljiv je odnos pojedinih litoloških formacija od vodozasićenih vapnenaca i dolomita jure, krede i eocena, preko vodozasićenih slojeva konglomerata s šljuncima donjeg pleistocena, šljunaka srednjeg pleistocena, pijesaka holocena, glina srednjeg i gornjeg pleistocena do glina i ilovačastog tla.

Novija istraživanja na crpilištu vode uz korito Neretve na Gabela polju radi opskrbe pitkom vodom Neuma, imaju vrijedne rezultate o zaslanjivanju podzemne vode (Džeba i sur. 2003.). Istraživani su načini miješanja **mora i svježe** vode u površinskim tokovima te u aluvijalnim vodonosnicima. Na temelju petogodišnjih mjerenja u Neretvi, istraživanja su pokazala uslojeni tip tečenja slatke vode iznad 'klina' mora, koji se uvlači duboko uzvodno u korito rijeke. Pod utjecajem plime-oseke i dotoka s uzvodnog dijela sliva, 'klin' se pomiče uzvodno-nizvodno, te gore i dolje. Zbog ujednačenog tečenja i dosta pravilnom koritu rijeke 'klin' je pravilno raspoređen u koritu s vodoravnom razdjelnicom u poprečnom presjeku i s blagom promjenom u uzdužnom presjeku, od ušća do profila nešto uzvodnije od Metkovića (Džeba i sur. 2003.). Mjerenja na sredini rijeke u jednoj vertikali po dubini kod Opuzena pokazala su stanja zaslanjenosti u jednom ciklusu plime-oseke, gdje se jednostavno pomiče razdjelnica između blago zaslanjene (bočate) vode pri površini, i mora pri dnu rijeke. Praćeno je mjerenjima i 'uvlačenje' mora u korito rijeke. Naime, u kišnom (zimskom) razdoblju, kada su dotoci sa sliva povećani, more je potpuno istisnuto iz korita rijeke. Krajem proljeća i početkom ljeta dotok sa sliva se smanjuje da bi sredinom, te krajem ljeta pao dotok na minimalnu količinu, gdje je veliki utjecaj režima rada uzvodnih hidroelektrana. Pri dotoku vode sa sliva od 50 m<sup>3</sup>/s, rijeka se u potpunosti zaslani (Džeba i sur. 2003.). Rezultati ovih istraživanja daju dobru podlogu za izvedbu jedne fleksibilne brane u (dubokom) koritu Neretve na adekvatnom profilu uz osiguranje prirodne migracije riba i za potrebu povećanja otoka vode.



**Slika 5. Prikaz melioriranih područja u Delti (M.Glamuzina i sur.,2000)**

Na slici 5 vidljiva su područja na kojima je provedena melioracija u Delti. Na područje Luke je kvalitetna voda za natapanje dovedena cjevovodom iz izvora Modro Oko. Taj cjevovod je 90-tih godina prošlog stoljeća iskorišten za instaliranje komunikacijskih kablova pa je natapanje uzgojenih mandarina prepušteno uglavnom prirodnoj kiši kao i na većini drugih parcela u Delti. Ni na području Vid-Norin nisu dovršene melioracije, jer su teškoće s opskrbom vode za navodnjavanje. Na desnoj strani Neretve postoje 2 značajne rijeke i manja meliorirana površina nego na lijevoj strani Delte. Uzorci vode analizirani na svim izvorima na rubovima Delte tijekom lipnju 2006. sadržavali su manje od 500 mg/l minerala, a ukupna izdašnost izvora na desnoj strani je bila višestruko veća nego na lijevoj strani. Ipak, rijječima lokalnih lovaca, upravo 2006. godine u rijeci Norini kod Momića ulovljena je po prvi put morska riba (lubini). Ta pojava je vjerojatno posljedica produbljenja korita Norine od Kule Norinske do Momića 2004/05. godine.

## **4.2. Nanosi u Delti**

Stručno predavanje o hidromelioracijama u donjem toku Neretve održano 27/06/06. u Hrvatskim vodama u Zagrebu, odnosilo se uglavnom na problematiku navodnjavanja. Tom prilikom je spomenuto slijeganje tla u Delti za cca 0,5 m bez elaboriranja uzroka tog slijeganja, koje se vjerojatno odnosi na razgradnju organskog tla (treset), izostanak sedimenata iz riječnog nanosa i nekih drugih procesa u tlu koje se intenzivno događaju pri uzgoju poljoprivrednih usjeva. Snižavanje razine tla u Delti uvjetuje veće troškove crpljenja vode iz drenažnih kanala i njenog transportiranja preko nasipa u Neretvu te troškove za dodatnu zaštitu od zaslanjenja tla. Zadržavanje glavnine riječnog nanosa u akumulacijama uzvodnih hidroelektrana na Neretvi i eksploatacija šljunka iz korita Neretve na području Čapljine za potrebe građevinarstva uzrokuju izostanak riječnog nanosa u Delti.

Međunarodni prognostičari očekuju porast razina morske vode na ušću Neretve za približno 0,5 m zbog promjena klime, topljenja vječitih ledenjaka i povećanja obujma slanih voda u narednih 40-tak godina. Zato se preporučuje nadležnim vodoprivrednim institucijama, općinskim, županijskim državnim vlastima, djelotvorna zaštita vrijednog prostora Donje Neretve koncipiranjem i usvajanjem ekološki najpovoljnijih prostornih planova. Osim izgradnje nužnih nasipa na adekvatnim trasama, preporučuje se redovito plavljenje čim većih površina Delte mutnim vodama, koje će omogućiti sedimentaciju višestruko korisnih riječnih nanosa u Delti.

Svaka od hidroelektrana u slivu ima projektom predviđenu tehnologiju i dinamiku uklanjanja taložina iz svojih akumulacija radi zaštite korisnih akumulacijskih prostora za vodu. Kako se odredbe projekata glede uklanjanja taložina iz akumulacijskih jezera ne prakticiraju, preporučuje se proučavanje postojećih tehničkih rješenja, dinamike uklanjanja taložina i uočenih teškoća u realiziranju projekata na svakoj od akumulacija pa koncipiranje dodatnih mjera respektirajući interese elektrana i nizvodnih korisnika vode i nanosa. Novi, poboljšani, usuglašeni i usvojeni dinamički program ispuštanja taloga kroz svaku od brana i transport nanosa (taložina) koritom prema ušću Neretve trebao bi osigurati Delti nužan nanos, koji je desetljećima izostajao i prouzročio značajne štete.

Kako su zatvoreni raniji ispusti (tuneli) za poplavne vode s nanosom u nasipima izvedenim radi regulacije Neretve, projektanti melioracije trebaju sudjelovati u analizi i korigiranju tehničkih rješenja uklanjanja taložina iz akumulacijskih jezera, koncipirati tehnički izvedivo i ekonomično rješenje distribuiranja nanosa u Delti.

Tako bi se nanos trebao redovito transportirati u Deltu prema dinamičkom planu utvrđenom korekcijom dinamike i načina čišćenja danih u projektima pojedinih uzvodnih akumulacija.

## **5. KOMENTARI I PREPORUKE**

Hrvatske vode u donjem i Jadranski sliv u gornjem toku Neretve, upravljaju vodama u smislu važećih zakona i propisa. Njihovo upravljanje ne ostvaruje zahtjeve Agende 21, koja preporučuje delegiranje upravljanja vodnim resursima na najniži nivo, uključujući decentralizaciju vladinih službi u susret lokalnim vlastima, privatnim poduzećima i udrugama korisnika vode. Zato se preporučuje osnivanje relevantnih udruga svakog od sektora djelatnog i pravičnog korištenja vode i zaštite Delte. Samo pregovorima predstavnika udruga svih korisnika mogu se zaštititi njihovi pravični interesi, okoliš i održiv razvitak u Delti. Za detaljne pregovore o pravičnoj raspodjeli prirodnih vodenih potencijala u slivu, potrebni su detaljni kvalitetni podaci i stručne analize o potrebama svakog od korisnika vode u Delti i koncipirati adekvatne dokumente (ugovore) o pravičnoj raspodjeli vodnih potencijala korisnicima. Treba koncipirati i ulogu djelatovne inspekcije, koja treba osigurati pravično realiziranje konsenzusom potvrđenih ugovora o korištenju voda i zdanih usuglašenih vodoprivrednih suglasnosti.

Udruga djelatnika u poljoprivredi (agronoma) treba definirati i štititi interese trajno održive rentabilne poljoprivredne proizvodnje bez ugrožavanja okoliša, prometa, ribolova, lova, turizma i drugih korisnika prostora, vode, tla i drugih sadržaja u Delti. Ova Udruga poljoprivrednika treba se hitno razviti u AGROKORPORACIJU (Steenbergen, 2006) sa stručnom i aktivnom upravom, projektantima za rješenje pitanja navodnjavanja, odvodnje, potreba i osiguravanja nanosa, redosljeda usjeva na pojedinim područjima/parcelama i sl. Njihovi projektanti će racionalno dimenzionirati crpne stanice, dovode potrebnih količina vode i nanosa, drenažne i druge potrebne objekte.

Treba isto tako osnovati relevantne udruge djelatnika zaštite okoliša, riječnog prometa, lova, ribolova, turizma i drugih korisnika prostora, vode i tla u Delti, koje će definirati svoje potrebe i za njih se boriti bez ugrožavanja drugih. Predstavnici udruga za poljoprivredu, turizam, ribolov, lov i drugi korisnici vode i prostora u Delti moraju sadržajno i učinkovito pregovarati i postići pravičan međusobni sporazum (Ugovor) s udrugama na području Rastoka, Vrgoračkog polja, Popovog polja te s predstavnicima, Hrvatskih voda (Split), Jadranskog sliva (Mostar), Elektroprivrede (Trebinje, Mostar, Sarajevo i Dubrovnik).

Pravedno pregovaranje o integralnom gospodarenju vodama i osiguranje vode za održiv razvoj, poljoprivrede, ribarstva, vodoopskrbe, turizma, elektroprivrede, riječnog prometa, industrije te korisnika vode za: očuvanje prirodnih krajolika, sport, rekreaciju, lov, znanstvena i stručna istraživanja glede planiranja uporabe prostora i održivog razvoja racionalnim korištenjem, zaštitom voda i zaštitom od voda, kako zahtijeva direktiva o vodama EU (WFD) od svih europskih zemalja.

Kako je došlo već do značajnih šteta privrednim odlikama okoliša donje Neretve zbog spomenutog antropogenog djelovanja, nužna je adekvatna zaštita.

Proglašenje odgovarajućeg stupnja zaštite Delte može osigurati nužnu stručnu i financijsku pomoć od domaćih i međunarodnih institucija za djelotvornu zaštitu okoliša uz zakonsku podlogu održivom razvoju. Treba preispitati i prioritete korištenja vode i prostora. U Engleskoj se na pr. u posljednje vrijeme favorizira zadovoljavanje potreba vode za rekreacije i čuvanje prirodnog okoliša na podnošljivu štetu nekih drugih sektora, riječnog prometa posebno.

Hidroelektrane imaju zastarjele vodoprivredne suglasnosti glede minimalnih protjecanja vode na branama i projektiranu tehnologiju zaštite akumulacijskih prostora od zapunjavanja nanosima. Odredbe dobivenih suglasnosti o minimalnim količinama vode i projektirane dinamike uklanjanja taložina iz akumulacijskih jezera ne prakticiraju se striktno pa se preporučuje njihova revizija uz sudjelovanje i respektiranje interesa nizvodnih korisnika vode, nanosa. Projektanti melioracija u Delti trebaju u suglasnosti s udrugama poljoprivrednika i drugih korisnika vode, koncipirati tehnički izvedivo i ekonomično distribuiranje nanosa u Delti, sukladno takvoj dinamici ispuštanja taloga kroz brane i riječni transport nanosa koritom prema Delti. Pored poboljšanog koncepta režima dotoka potrebnih količina nanosa u Deltu, nužno je povećati i sadašnje minimalne protoke vode Neretvom u Metkoviću, Trebišnjice na prirodnim ponorima na Popovom polju, Norine u Kuli Norinskoj i Desanke u Banji.

Potrebno je provesti dodatne i mjere adekvatne zaštite prostora i tla, razina i kakvoće površinskih i podzemnih voda, očuvanja močvara od novih biljaka (ševar) i od drugih pojava koje ugrožavaju prirodni okoliš u Delti. Treba osigurati duže trajanje poplava na polju Rastoki, Vrgoračkom polju, Nevesinjskom, Slate, Fatničkom i Popovom polju, kako bi se osiguralo adekvatno napajanje nizvodnih jama s vrijednim staništima podzemne faune i flore te izvora u slivovima Bune i Bunice, Bregave, Krupe, Misline, Male Neretve, Norine i Desanke respektirajući vrijednosti protoka vode izmjerenih 1963. po ekipama 'Jaroslav Černi'.

## **POPIS KORIŠTENE LITERATURE**

**Džeba, T., Vranješ, M., Prskalo, M., Jović, V. i Šestanović, S. (2003):** Zaslanjenje vodonosnika Gabela polje, Zbornik radova sa Simpozija – Voda u kršu slivova Cetine, Neretve i Trebišnjice, Neum, str. 399-410

**Glamuzina, B. i Glamuzina, M. (2001):** Management of the Neretva river estuary: past and future of a rich fragile natural heritage, Nase more 48(5-6)

**Glamuzina, M., Šiljković, Ž. i Mamut, M. (2000):** Modern transformation in the Area of Coastal Neretva Delta Under the Influence of Melioration and Hydrotechnical Intervention, Period.biol. Vol.102, pg 137-145.

**Knežević, B. (2004):** Integralno upravljanje vodnim resursima u riječnom bazenu Trebišnjice, Referat podnesen na Okruglom stolu u Trebinju na temu: Hidroenergetsko korištenje voda u riječnom bazenu Trebišnjice-važan dio integralnog upravljanja njegovim vodnim resursima

**Margeta, J. i Fistanić, I. (2000):** Gospodarenje sustavom i monitoring bazena rijeke Neretve, Građevinar 52.6. 331-338.

**Milanović, P., Jokanović, V. i Milićević, M. (2004):** Prirodne karakteristike riječnog bazena Trebišnjice, Referat podnesen na Okruglom stolu u Trebinju na temu: Hidroenergetsko korištenje voda u riječnom bazenu Trebišnjice-važan dio integralnog upravljanja njegovim vodnim resursima

**Mišetić, S. i sur. (2005):** Integralno upravljanje ekosustavom riječnog bazena Neretve i Trebišnjice, Studija, Elektroprojekt Zagreb

**Pejaković, B., Barbarić, Ž. i Glavaš, B. (2003):** Hidromelioracijsko uređenje krških polja u slivu rijeke Trebižat, Zbornik radova sa Simpozija – Voda u kršu slivova Cetine, Neretve i Trebišnjice, Neum, str. 613-626

**Teenbergen, van F. (2006):** Promoting local management in groundwater, Hydrogeological Journal 14, pg. 380-391

**Štambuk-Giljanović, N. (1998):** Vode Neretve i njezina porječja, Split

**Vego, J. i Radović, J. (2002):** Donja Neretva – Prekogranično močvarno područje, 'Novosti' – Istraživačka djelatnost, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

**Zelenika, M. i Trenc, N. (2006):** Izvješće o izdašnostima i kakvoći izvorišnih voda u Delti, Arhiva DZZP Zagreb.

**Hrvatske vode** – Ured Opuzen - pričuva tehničke dokumentacije

# HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA „BOGUTOVO SELO-SJEVER“ UGLJEVIČKOG UGLJONOSNOG BASENA

1. dr. sc. Baraković Amir, vanr. prof. RGGF Univerzitet u Tuzli
2. Rajko Tomić, dipl. inž. geologije; AD., Rudnik i Termoelektrana- Ugljevik
3. mr.sc. Baraković Damir, dipl. inž. geologije; TGP – Petrovo

Ključne riječi : *pijezometri, hidrogeološki (kolektori, izolatori, kompleksi), Bogutovo Selo - Sjever.*

## 1. UVOD

Eksploatacija uglja na PK „Bogutovo Selo“ započela je 1978. godine. Do sada je kop napredovao do kote 90 m.n.v., a u narednim fazama razvoja vršit će se eksploatacija uglja sa stvaranjem unutrašnjeg odlagališta.

Obzirom da su prva detaljna hidrogeološka istraživanja rađena u toku 1975.god., a nakon toga u toku 1987-88.godine na južnom dijelu revira, ukazala se potreba za sagledavanjem kompletne hidrogeološke problematike obog područja. Razmatrano područje obuhvata oko 12 km<sup>2</sup>, odnosno dio terena između rijeke Mezgrajice na zapadu, rijeke Janje na sjeveru i Ugljevičke rijeke na istoku, dok je južna granica izdanačka zona uglja južnog revira.

## 2. MORFOLOŠKE I HIDROGRAFSKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA

Ugljevički ugljeni basen smješten je na krajnjim sjevero-istočnim padinama planine Majevice. Podjeljen je na dva dijela i to: Revir «Ugljevik-Istok» i Revir «Bogutovo Selo», (sl.1). U orografskom smislu ovaj dio basena pretstavlja uglavnom blago zatalasan teren u središnjem dijelu sa nešto strmijim padinama na sjeveru, istoku i zapadu.



Slika 1. Pregledna karta geografskog položaja i komunikacija šire okoline ležišta uglja „Bogutovo Selo - Sjever“  
R - 1: 500 000



Morfologija terena je uglavnom zavisna od geološke građe terena, a dijelom od erozionog dejstva površinskih voda. Sjeverno od površinskog kopa Boguto Selo, uzdižu se brda: Baljak(324 m.n.v.), Vučjak(310m.n.v.), Prokos(339m.n.v.) i sl. Njih izgrađuju miocenski krečnjaci.. Prisutni tokovi na ovom dijelu terena (Mezgrajica, Ugljevički Potok) usjekli su mjestimično prave kanjonske doline. Najznačajniji vodeni tok je rijeka Janja, u koju se ulijevaju prisutni vodotoci. Zajednička karakteristika im je da u periodima koji se odlikuju visokim temperaturama (juli-septembar) ostanu sa minimalnim protokom. Osim toga važno je napomenuti da su sadašnjju hidrografsku mrežu predisponirali rasjedi pravca pružanja S-J.

### **3. HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA**

Glavni recipijent površinskih voda šireg područja Ugljevika je rijeka Janja. Stacionarna osmatranja mjesečnih proticaja rijeke Janje vršena u periodu 1980. - 1988. godine, pokazuju maksimume u martu (  $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$  ), aprilu (  $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$  ), a minimum je karakterističan za avgust (  $1,03 \text{ m}^3/\text{s}$  ) i oktobar (  $1,16 \text{ m}^3/\text{s}$  ). Srednji godišnji proticaj rijeke Janje za pomenuti period je  $Q_{sr} = 3,04 \text{ m}^3/\text{s}$ . Prosječni mjesečni proticaji Ugljevičke rijeke variraju od 23,9 do 91,3 l/s u periodu oktobar 1985. godine do aprila 1986. godine, kada su sprovedena mjerenja. Potrebno je istaći da je gornji tok Ugljevičke rijeke regulisan i da se u ovaj vodotok, povremeno, ispuštaju vode iz glavnog vodosabirnika P.K. Bogutovo Selo.

#### **3.1. OPŠTI BILANS VODA**

Područje revira Bogutovo Selo je jedan dio cjelokupnog sliva koje je sa istoka ograničeno geomorfološkom granicom pravca pružanja S-J, sa juga izdanačkom zonom produktivne serije i dijelom zapadnog odlagališta, sa zapada granica mu je rijeka Mezgrajica. Sjeverna granica je rijeka Janja koja je ujedno recipijent svih voda sa ovog sliva.

#### **3.2. HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA**

##### **3.2.1. Hidrogeološko kartiranje**

Hidrogeološko kartiranje ovog dijela rađeno je u toku 1975.godine na površini cca 18 km<sup>2</sup> od strane Geoinžinjerina Sarajevo. Kao geološka osnova korištena je geološka karta 1:10000 (*S. Čičić, 1961. FSD „Geoinžinjerin“*). U toku 1979-80. godine za potrebe TE Ugljevik vršena su istraživanja za ocjenu mogućnosti vodosnabdjevanja TE i u sklopu tih istraživanja urađena je hidrogeološka karta jednog dijela ovog terena u razmeri 1:5000.

Obzirom da ovim istraživanjima nije obuhvaćen kompletan revir “Bogutovo Selo“ ukazala se potreba za jednom kompletnom hidrogeološkom kartom ovog područja. Na osnovu prethodnih istraživanja, uz određene provjere na terenu, urađena je kompilaciona hidrogeološka karta ovog područja u razmeri 1:5000.

Za potrebe vodosnabdjevanja Ugljevika u toku 1988.godine izvršena su hidrogeološka istraživanja na širem području izvorišta „Ugljevika“ na osnovu tih istraživanja urađena je hidrogeološka karta razmjere 1: 5000 na kojoj je obuhvaćen i jedan dio revira „Bogutovo Selo-Sjever“.

### 3.2.2. Osposobljavanje istražnih bušotina u pijezometre

U toku 1975-76.godine, istovremeno sa istražnim geološkim i rudarskim radovima za utvrđivanje i kategorizaciju rezervi uglja izvedena su hidrogeološka istraživanja i tim prilikom osposobljeno je 7 dvostrukih i 3 jednostruka pijezometra. Vodoprijemni dio pijezometra postavljen je u krečnjak (7), glavni ugljeni sloj (6) i podinu glavnog ugljenog sloja (4). Za potrebe vodosnabdijevanja rudnika TE „Ugljevik”, hidrogeološka istraživanja izrađena su u više navrata u periodu od 1979-1988 godine. Jedan dio istražnog područja je obuhvato i aluvion Ugljevičke rijeke gdje su izvedena 4 bunara i tri pijezometra sa vodoprijemnim dijelom u krečnjacima.

#### 3.2.2.1. Ispitivanje filtracionih karakteristika

Ispitivanje filtracionih karakteristika vodonosnih naslaga prisutnih na ovom području vršeno je slijedećim postupcima:

- Opitnim crpljenjem,
- Utiskivanjem vode pod pritiskom (VDP),
- Nalijevanjem vode preko aparature Nestorova,
- Nalijevanjem vode u pijezometre.

Vrijednost koeficijenta filtracije za glavni ugljeni sloj je nešto veći na sjevernom dijelu ležišta u odnosu na južni dio. T i K za glavni ugljeni sloj iznose:

$$T_{sr} = 1,94 \times 10^{-5} \text{ m/s,}$$

$$K_{sr} = 6,46 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

Koeficijent filtracije za krečnjake se kreće  $1,75 \times 10^{-4}$  do  $5,45 \times 10^{-7}$  m/s, što je rezultat različite ispucalosti krečnjaka.

## 4. INTERPRETACIJA REZULTATA ISTRAŽIVNJA I ANALIZA HIDROGEOLOŠKIH ODNOSA PODRUČJA

Koncepcijska istraživanja su postavljena tako da su u početnim istraživanjima utvrđene filtracione karakteristike svih zastupljenih sedimenata u centralnom dijelu područja. U kasnijim fazama su se ispitivale filtracione osobine za koje se znalo da imaju kolektorske sposobnosti. Jedan litološki član ima različita svojstva na širem i užem prostoru. Različita filtraciona svojstva jednog te istog člana su uglavnom posljedica dještva neogenih strukturno-tektonskih procesa.

### 4.1. Hidrogeološka kategorizacija litoloških članova

Stijenske mase koje učestvuju u građi terena mogu se svrstati u 3 hidrogeološke kategorije:

- Hidrogeološki kolektori,
- Hidrogeološki izolatori, i
- Hidrogeološki kompleksi

#### 4.1.1. Hidrogeološki kolektori

Prema strukturi i tipu poroznosti *hidrogeološki kolektori* podjeljeni su u 2 grupe :

- Hidrogeološke kolektore pukotinske i pukotinsko-kavernozne poroznosti, i
- Hidrogeološke kolektore intergranularne poroznosti.

#### **4.1.1.1. Hidrogeološki kolektori pukotinske i pukotinsko-kavernozne poroznosti**

Najznačajnije HG kolektore na ovom području su miocenski krečnjaci, izgrađuju sjeverni dio terena i dostižu debljinu i preko 100m. Blago zaliježu prema sjeveru i kontinuirano se rasprostiru ispod kvartarnih i neogenih sedimenata u dolini rijeke Janje. Preovlađujuću primarnu poroznost imaju trošni litotamnijski krečnjaci, dok sekundarnu poroznost imaju jedri i bankoviti lajtovački krečnjaci, pločasti i slojeviti lajtovački krečnjaci, te bankoviti krečnjaci miocena.

#### **4.1.1.2. Hidrogeološki kolektori intergranularne poroznosti**

Hidrogeološki kolektori intergranularne poroznosti javljaju se u sjevernom dijelu terena odnosno u dolinama rijeke Janje, Ugljevičke rijeke i Mezgraje. To su pravashodno proluvijalno-riječni sedimenti sa čestim litološkim izmjenama. Pretstavljani su pjeskovito šljunkovitim, mjestimično zaglinjenim sedimentima. Debljina im varira od 3-7m, a u nekim dijelovima i do 10m.

#### **4.1.2. Hidrogeološki izolatori**

Na osnovu hidrogeoloških istraživanja utvrđeno je da vodonepropusna svojstva u ovom području pokazuju podinske gline, glinoviti lapori i laporovite gline srednje i više krovine kao i proluvijalne gline najviše krovine. Stijenske mase koje su svrstane u ovu grupu rasprostranjene su na cijelom području i predstavljaju vodonepropusnu sredinu.

#### **4.1.3. Hidrogeološki kompleksi**

Čine ih eocenski sedimenti drugog horizonta i zona uglja u okviru produktivne serije. Eocenski sedimenti drugog horizonta pretstavljani su serijom alevrolita, pješčara i krečnjaka u lateralnoj i vertikalnoj izmjeni.

#### **4.2. Hidrogeološka klasifikacija stijenskih masa na osnovu vodopropusnosti**

Stijenske mase ispitivanog područja se mogu svrstati po opštoj klasifikaciji stijena prema veličini vodopropusnosti u slijedeće grupe:

- dobro-vodopropusne stijenske mase*
- srednje-vodopropusne stijenske mase*
- slabo- vodopropusne stijenske mase*
- vodo-nepropusne stijenske mase*

4.2.1. *dobro-vodopropusne* karakteristike pokazuju miocenski krečnjaci koji su razvijeni na sjevernom dijelu područja. Najbolje filtracione karakteristike pokazuju bijeli trošni krečnjaci. Dobrovodopropusne karakteristike pokazuju di serije glavnog ugljenog sloja samo u određenim zonama i to u gornjem dijelu sloja.

4.2.2. *srednje-vodopropusne* karakteristike pokazuju serije glavnog ugljenog sloja. Vrijednost je dosta promjenjiva od mjesta do mjesta. Prosječna debljina ovih naslaga je oko 30 m. Pored ugljene serije srednjvodopropusne karakteristike pokazuju i krečnjaci što je opet uslovljeno litološkom nehomogenošću. Žučkasti pjeskoviti, trošni i šupljikavi litotamnijski krečnjaci i bijeli saharoidni krečnjaci u izvjesnom smislu pokazuju karakteristike bliske intergranularnim sredinama.

4.2.3. *slabo-vodopropusne* karakteristike pokazuju serije glavnog ugljenog sloja vazana za rasjedne zone na dubinama cca 100m pa i više. Slabovodopropusne karakteristike imaju i pojedini krovinski slojevi kao glinoviti i pjeskoviti laporac, pjeskovite gline i krovinski slojevi uglja sa proslojcima laporca i krečnjaka.

4.2.4. *vodo-nepropusna* svojstva u ovom području pokazuju dijelovi eocena, zatim u okviru produktivne serije, podinske gline, glinoviti lapor, lapor i laporovite gline srednje i više krovine.

### **4.3. Tipovi izdani, dinamika i režim podzemnih voda**

Najznačajnija akumulacija podzemnih voda formirana je u miocenskim krečnjacima. Granica ove akumulacije je na sjeveru rijeke Janje, na zapadu rijeka Mezgrajica, dok je istočna granica Ugljevička rijeka. Južna granica ove izdani je sjeverna kosina PK „Bogutovo Selo”, gdje su ovi krečnjaci presječeni rudarskim radovima. U krečnjačkoj masi oformljena je izdan razbijenog tipa, a u nekim dijelovima i zbijenog tipa. Prihranjivanje ove izdani je na račun infiltracija oborina u centralnom dijelu i jednim dijelom iz Ugljevičke rijeke. Privilegovane pravce toka podzemnih voda ove izdani predstavljaju tektonski lomovi i sistemi pukotina. Generalno pražnjenje ove izdani je na sjeveru, jednim dijelom u aluvijonu rijeke Janje i putem izvora koji se javljaju na ovom području. Formirane izdani su arteškog, subarteškog i slobodnog nivoa.

Druga akumulacija podzemnih voda oformljena je u glavnom ugljenom sloju i neposrednoj krovini. Napajanje se vrši infiltracijom oborina uglavnom rasjednim zonama. Akumulacija podzemnih voda unutar aluvijalnih šljunkova i pijeskova skromnih je razmjera. Samo u meandrima rijeke Janje ima veći značaj. Izdan formirana u eocenskim pješčarima je najmanje istržena. Može se zaključiti da se radi o izolovanim lećama čiji su nivoi ne mogu međusobno povezivati.

## **5. HEMIJSKE KARAKTERISTIKE PODZEMNIH VODA**

U okviru sprovedenih hidrogeoloških istraživanja vršena su i hemijska i bakteriološka ispitivanja podzemnih voda. Uzorci su uzeti iz istražnih bušotina, opitno-eksploatacionih bunara i iz Ugljevičke rijeke. Analize ovih voda su vršene u više navrata od strane specijalizovanih institucija i to u periodu 1980. - 1984. godine. Prema pH reakciji vode Ugljevičke rijeke su slabo alkalne vode, a po ukupnoj tvrdoći pripadaju vrlo tvrdim vodama.

Na ostalim lokalitetima rezultati hemijskih i bakterioloških analiza potvrđuju ispravnost vode za piće prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Službeni list SFRJ br. 33 / 87 ). Lokalne razlike u hidrometrijskom tipu podzemnih voda su posljedica infiltracije voda iz Ugljevičkog potoka u vodonosnu sredinu. Važno je napomenuti da u periodu kada su uzimane analize nije bio regulisan tok Ugljevičke rijeke i nije se vršilo ispuštanje vode iz vodosabirnika na P.K. Bogutovo Selo u Ugljevičku rijeku.

## **1. UTICAJ PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA NA EKSPLOATACIJU UGLJA NA P.K. „BOGUTOVO SELO”**

Na osnovu dosadašnjih saznanja o hidrogeološkim odnosima na ovom području, u narednoj fazi razvoja kopa može se očekivati doticaj od podzemnih voda i oborinskih voda, dok su površinski tokovi dosadašnjim radovima regulisani i izmješteni.

### ***6.1. Doticaj podzemnih voda***

Akumulirane podzemne vode u glavnom ugljenom sloju ustvari predstavljaju statičke rezerve podzemnih voda. Ugljeni sloj je u podini ograničen vodonepropusnim naslagama a otvaranjem ležišta nema svog vlastitog sliva, tako da se prisutne vode lako crpe sa napredovanjem fronte radova. Depresija izazvana eksploatacionim radovima brzo se ustali jer je i izdašnost i doticaj su veoma mali i bitno ne utiču na otkopavanje. Doticaj u kop iz krečnjaka u mnogome zavisi od dinamike napredovanja kopa, nivoa podzemne vode u krečnjacima kao i prirodnom gradijentu toka prema sjeveru..Najznačajniji podzemni doticaj u kop je preko rasjednih zona. Na osnovu dosadašnjih saznanja doticaj u kop preko rasjednih zona je procenjen na 15 l/s. Razvojem kopa prema sjeveru došlo je do presjecanja sjevernog rasjeda (pružanja SZ-II). Od otvaranja kopa do danas kop se razvio do kote 90 m.n.v. i otvoreni su svi litološki članovi koji učestvuju u građi terena unutar konture površinskog kopa. Prisustvo podzemne vode predstavlja potencirajući faktor klizanja, djelujući negativno na fizičko-mehaničke parametre sredine.

### ***6.2. Doticaj od oborinskih voda***

Doticaj oborina u površinski kop je promjenljiva vrijednost ovisna o niz faktora a prvenstveno o intenzitetu kišnih padavina, otvorenoj površini kopa i koeficijentu površinskog doticaja.

## **7. ZAKLJUČAK**

Po svojim hidrogeološkim karakteristikama, litološki članovi na ovom području, predstavljeni su preovladavajućim hidrogeološkim izolatorima ( podinske i krovinske gline, lapori i sl.), zatim hidrogeološkim kompleksima (eocenska serija, serija glavnog ugljenog sloja), a hidrogeološki kolektori (krečnjaci i aluvijon) su manje zastupljeni i to na sjeverom dijelu područja.

Litolološka nehomogenost i izražena tektonika uslovile su formiranje više izdani podzemnih voda. Najznačajnija akumulacija podzemnih voda je formirana u krečnjacima i u glavnom ugljenom sloju. Prihranjivanje izdani u krečnjačkim masama je putem infiltracije oborinskih voda preko rasjeda i pukotina, dok je prihranjivanje i oticaj u glavnom ugljenom sloju vezano za rasjedne zone.

## LITERATURA:

1. Baraković, A., Mešković, A., Žunić, N., (2003.): Macerali centralnog ugljenog bazena Banovića, Naučni rad, Zbornik radova RGGF-a Univerziteta uTuzli, broj: XXVI, 11-14, Tuzla
2. Baraković, A., Žunić, N., (2002.):Naučni pristup analizi opravdanosti podzemnih istražnih radova u odnosu na površinsko dubinsko istražno bušenje. Zbornik radova RGGF-a Univerziteta u Tuzli, broj: XXVI, 15-20 Tuzla
3. Baraković, A., (2007): Opšta geologija. Univerzitetski udžbenik RGGF-a Univerziteta u Tuzli, 374 Tuzla;
4. Blagojević, Đ., : GRP PK „Bogutovo Selo“ Tehnički projekat dobijanja uglja i odvodnjavanje
5. Hohrajn, I., (1984): Završni izvještaj o hidrogeološkim istraživanjima za obezbeđenje dodatnih količina podzemnih voda za vodosnabdijevanje Rudnika i TE „Ugljevik“, „Geoinženjering“ Sarajevo, 1984.
6. Ostojić, Đ., (1976): Eleborat o rezultatima hidrogeoloških istraživanja i ispitivanja na području budućeg površinskog kopa „ Bogutovo Selo-Sjever " Ugljevik. „Geoinženjering“ Sarajevo 1976.
7. Tomić, R., (2008): Diplomski rad „ Geološka građa i potencijalnost uglja *Baljak* u Ugljevičkom bazenu; RGGF Univerzitet u Tuzli.

# SISTEM ODVODNJAVANJA PODZEMNIH VODA U RUDNIKU „BREZA“

1. **Amir Mešković**, RGGF Univerziteta u Tuzli, Tuzla
2. **Sabit Begić**, , Federalni zavod za geologiju, Sarajevo
3. **Damir Baraković**, SOL grup Italija – TPG Petrovo, BiH

## ABSTRACT :

U radu su prikazane geološke i hidrogeološke karakteristike ležišta mrkog uglja “Breza”, te način odvodnjavanja jamskih prostorija rudnika.

Sa hidrogeološkog aspekta stijene na ovom lokalitetu su izdvojene na: vodopropusne, relativnovodonepropusne i vodonepropusne stijene.

- *Vodopropusne* stijene su: krečnjaci i karbonatni laporci, neposredno i bliže krovini glavnog sloja, te krečnjaci i karbonatni laporci između glavnog i prvog podinskog sloja. U vodopropusne stijene mogu se svrstati i dijelovi ugljenih slojeva koji su tektonizirani.

- *U relativnovodonepropusne* stijene spadaju oba ugljena sloja koja se eksploatišu.

- *Vodonepropusne* stijene su: laporci visoke krovine glavnog sloja, glinovite i druge naslage neposredno i bliže podini glavnog i prvog podinskog ugljenog sloja.

Hidrogeološki uslovi ležišta mrkog uglja “Breza” se mogu označiti kao povoljni, iako su u obje jame registrovani značajni dotoci vode.

Dotok vode u ležištu Breza se tokom godine kreće u rasponu od 2,8 do 6,8 m<sup>3</sup>/min. Radi se o ukupnom dotoku vode, uključujući i tri stara revira (Izbod, Grabovik i Gornja Župča) i sada aktivni revir Donja Župča.

U sistemu odvodnjavanja podzemnih rudarskih prostorija su instalirani kapaciteti pumpi 2 do 5 puta veći od maksimalno registrovanog dotoka vode, što obezbjeđuje potrebnu sigurnost pri radu.

## KLJUČNE RIJEČI:

Rudnik mrkog uglja Breza, hidrogeološke karakteristike, vodopropusne, relativnovodonepropusne i vodonepropusne stijene, glavni ugljeni i prvi podinski ugljeni sloj, dotok vode, karakteristike pumpi, odvodnjavanje....

## UVOD

Rudnik mrkog uglja Breza se nalazi na sjeveroistočnom dijelu centralnog dijela sarajevsko - zeničkog basena.

Odvodnjavanje jamskih prostora bazira se na hidrogeološkom istraživanju , odnosno na korištenju podataka prikupljenih u toku bušenja i na temelju pojava podzemnih voda izmjerenih u jamskim prostorijama rudnika.

Projektna rješenja do sada nisu davala mogućnost sprječavanja dotoka podzemnih voda prije otvaranja podzemnih rudarskih objekata, kao ni utvrđivanja kvaliteta podzemnih voda koje dotiču u jamske prostorije, tako da se one koriste samo u jednom dijelu tehnološkog procesa proizvodnje uglja / seperacija /.

Sa aspekta sigurnosti rada u jamama registrovani dotoci podzemne vode, s obzirom na instalirani kapacitet pumpi, obezbjeđuju potrebnu sigurnost u radu.

Prostor mrkog uglja "Breza" geomorfološki predstavlja blago brdovit teren uzvodno uz rijeku Stavnju, prema općini Varešu, gdje se ističu planinski visovi sa većim kotama: Smrekovi / 830 mn.v./ Radonjići /838 mn.v./, Hočevlje /996 mn.v./ i Slivno /1050 mn.v./. Ulaz u jamu "Sretno" je na koti 500mn.v.

Klima područja u kojem se nalazi ležište je umjereno - kontinentalna. Maksimalne prosječne padavine karakteristične su za mjesec: maj, novembar i decembar, dok su minimalne mjesečne padavine u oktobru i februaru. Najtopliji su mjeseci juni, juli i avgust, dok je prosječno najhladniji mjesec januar.

Klimatske karakteristike područja, su povoljne sa aspekta, kontinuirane eksploatacije tokom cijele godine. Dakle, što se klimatskih prilika tiče, eksploatacija ležišta se može vršiti praktično u svim mjesecima u godini.

Šire područje ležišta mrkog uglja "Breza" u hidrološkom smislu pripada slivu rijeke Bosne. Putem vodenih tokova Stavnje, Goruše , Misoče i drugih manjih vodotoka, dreniraju se podzemne i površinske vode ovog dijela terena.



### ***Hidrogeološke karakteristike***

Sa hidrogeološkog aspekta stijenske naslage u zoni ležišta “Breza” se mogu podijeliti na slijedeće cjeline: vodopropusne i vodonepropusne .

Litološki stub se može prikazati na slijedeći način (od površine terena) slika 1:

- vodopropusni (aluvijalni) šljunkovi i pijeskovi,
- vodonepropusni laporci visoke krovine iznad glavnog sloja,
- vodopropusni krečnjaci i karbonatni laporci, neposredne i bliže krovine glavnog sloja, sa pukotinskom poroznošću,
- relativno vodonepropusni glavni ugljeni sloj,
- vodopropusni krečnjaci i karbonatni laporci između glavnog i prvog podinskog sloja,
- relativno vodonepropusni I podinski sloj,
  
- vodonepropusne glinovite i druge naslage neposredno i bliže podini I podinskog sloja i II podinskog sloja i
- konglomerati, pješčari i pjeskovite naslage oligomiocenske starosti (O1), sa funkcijom vodonosnika.

*Slika 1*

**PREGLEDNI LITOLOŠKI STUB PRODUKTIVNE SERIJE  
 LEŽIŠTA MRKOG UGLJA BREZA**

Litološki stub	Facijalne karakteristike	GEOL. STAROST	
	Vodopropusni aluvijalni šljunkovi i pijeskovi	PRELAZNI HORIZONT 'M <sub>2</sub>	
	Vodonepropusni laporci		
	Vodopropusni slojeviti i bankoviti krečnjaci pjeskovitog habitusa	POVLATNI UGLJENI HORIZONT 'M <sub>2</sub>	Srednji miocen
	Glavni ugljeni sloj		
	Vodopropusni slojeviti laporoviti krečnjaci pjeskovitog habitusa sive boje	PRELAZNI HORIZONT M <sub>1,2</sub>	Dolji, srednji miocen
	I podinski ugljeni sloj		
	Vodonepropusne gline (bujave i montmorionijske), laporci, pješćari sa tankim proslojcima krečnjaka		

Hidrogeološke karakteristike ovih cjelina su nedovoljno proučene i baziraju se na podacima koji su prikupljeni u toku bušenja i na temelju pojava opažanim u jamskim prostorijama rudnika.

Krovinski laporci figuriraju kao slabo do vodonepropusne stijene. Ovaj zaključak izveden je mjerenjem na osnovu registrovanih podataka o procentu gubitka isplake u odgovarajućim nivoima vode u toku bušenja.

Gubitak vode u neposrednoj krovini ugljenog sloja je redovna pojava. Ovo se, u prvom redu, odnosi na “šarenu ploču”, ispod koje odmah dolazi ugljeni sloj. Podaci iz većine bušotina pokazuju da se ugljeni slojevi ponašaju kao relativno vodonepropusna ili slabo vodopropustljiva sredina, odnosno kao nivo u kojem se gubi isplaka.

Pošto čista kompaktna ugljena masa predstavlja vodonepropusnu sredinu, uzrok navedenoj pojavi treba tražiti u prisustvu mikropukotina i vrlo čestih umetaka jalovine, odnosno, trošnih laporaca koji su pomiješani sa epigenetskom muljevito-pepelnom masom, koja ima značajnu poroznost.

Važan faktor u formiranju izdani podzemnih voda u zoni produktivne serije, predstavljaju i strukturne karakteristike ležišta u odnosu na stijene preko kojih ova serija leži. Naime, idući od Breze na istok i sjeveroistok, otkriveni su stariji horizonti, preko kojih leže naslage krovinih laporaca.

Prateći produktivnu seriju u pravcu pada, zatim po njenoj zasječenosti u sjeveroistočnom obodu brezanskog područja i geomorfološkoj izdignutosti oboda u odnosu na produktivno područje, moguća je migracija podzemnih voda preko vodonepropusnih slojeva od sjeveroistoka ka jugozapadu. Generalni pravci kretanja podzemne vode često je prekinut sistemom rasjeda, zbog čega se prije može govoriti o posebnom hidrogeološkom režimu svakog tektonskog bloka.

Pojačana infiltracija voda sa površine terena u izdani podzemnih voda i duž granice slojevitosti može da dovede do većeg nivoa podzemne vode naročito u zonama isklinjavanja i plitkog pojavljivanja ogoljelog sloja.

Ukoliko se od ovih zona ide ka jugozapadu, gdje ugljeni sloj ima veći pad, površinske vode mogu da prodru duboko, uglavnom duž rasjednih zona. Iako je u ovim zonama došlo do izvjesnog cementovanja zdrobljenog materijala, ipak su dosadašnji jamski radovi pokazali da se duž rasjednih zona obavlja stalan priliv podzemnih voda u radilište.

Posebnu mogućnost infiltracije površinskih voda u jame pružaju reviri sa otkopanim ugljenim slojem. Uslijed obrušavanja krovine ugljenog sloja dolazi do njenog pucanja i drobljenja, čime se stvara čitav sistem pukotina pogodnih za migraciju vode.

Hidrogeološki uslovi ležišta mrkog uglja “Breza” se mogu označiti kao povoljni za eksploataciju, iako su u obje jame registrovani značajni dotoci vode.

### ***Sistem odvodnjavanja***

U jami “Sretno” je sistematskim osmatranjem na oba horizonta utvrđeno da se ukupni dotoci kreću u slijedećim okvirima:

I horizont      1,15 – 2,67 m<sup>3</sup> /min.

II horizont     0,87 – 1,03 m<sup>3</sup> /min.

---

ukupno u jami 2,02 – 3,70 m<sup>3</sup> /min.

U pumpnoj stanici I horizonta instalirano je šest pumpi ukupnog kapaciteta 14, 8 m<sup>3</sup> / min. sa visinom izbacivanja do 250 m. Koeficijent sigurnosti je prema tome 4, što je dovoljno i za najveće predvidljive dotoke.

U jami “Kamenice” glavna crpna stanica izgrađena je na koti 395 mn.v. Instalirano je šest pumpi ukupnog kapaciteta 18,4 m<sup>3</sup> / min. Maksimalni registrovani dotok u glavnu crpnu stanicu je iznosio 14 m<sup>3</sup>/ min.

To je ekstremni slučaj zabilježen u vrijeme otapanja snijega praćen kišom u martu i aprilu 1999.godine.

Dotoci vode u toku godine kreću se u rasponu od 2,8 do 6,8 m<sup>3</sup> /min. To su ukupni doticaji iz tri stara revira (Izbod, Grabovik i Gornja Župča ) i iz sada aktivnog revira Donja Župča. To znači da su instalirani kapaciteti pumpi od 2,08 do 5 puta veći od registrovanih dotoka, te da obezbjeđuju potrebnu sigurnost na radu.

Iz izloženog se može zaključiti da je u zoni ležišta uglja priliv vode u otvorenim jamama "Breza" relativno mali i nema značajnijih problema pri eksploataciji u eksploatacionim poljima "Sretno" i "Kamenica".

Odvodnjavanje se vrši kroz slijedeće rudarske objekte:

- ventilaciono okno K-2
- izvozno okno K-1
- niskop Popovići

Sistem odvodnjavanja kroz ventilaciono okno K-2 održavaju centrifugalne pumpe koje se nalaze u glavnoj crpnoj stanici. Ista se nalazi u starom reviru „Župča“ na koti K+358,25mn.v. Karakteristike pumpi u glavnoj pumparnici date su u tabeli broj 1.

TABELA 1.

Tip	Kapacitet (l/min)	Visina dizanja (m)	Snaga (kW)	Broj obrtaja el. motora	Locirana na koti (mn.v.)	Priključak na cijevovod
<b>KV37,5-17,5/5</b>	4980	100	372	1480 °/min	K-395,56	Φ150 mm
<b>VPN 200-4</b>	2400÷4800	162-111	132	1480 °/min	K-358,25	Φ150 mm
<b>CVP 6-4</b>	1500-2500	120 -160	132	1480 °/min	K-395,56	Φ150 mm

Duž starog transporta u sistemu odvodnjavanja do glavne pumparnice uvezano je pet centrifugalnih pumpi.

Sistem odvodnjavanja otkopnog bloka K-14 odvija se tako što su na koti K+282,00 mn.v., locirane dvije centrifugalne pumpe koje vodu pumpaju duž izlaznih prostorija vodosabinrika na koti K+190,93mn.v. (magacin eksploziva). Dalje se voda izbacuje već spomenutim sistemom odvodnjavanja.

Pored navedenih centrifugalnih pumpi u OB K-14 na lokalitetu kote K+188,89mn.v. (postojeći transport) locirane su dvije centrifugalne pumpe koje vodu pumpaju na kotu K+194,00mn.v. i voda gravitaciono dolazi do vodosabirnika na koti K+190,93mn.v. (magacin eksploziva).

Sistem odvodnjavanja kroz izvozno okno K-1 se odvija položenim cjevovodom  $\Phi$  100mm i stabilnom pumpom koja vodu iz slobodne dubine izbacuje vani i koja je instalirana na koti K-394,29mn.v.

Sistem odvodnjavanja kroz niskop Popovići se odvija pomoću stabilne pumpe i cjevovoda  $\Phi$  100mm. Stabilna pumpa je instalirana na koti K+481,18mn.v., gdje se nalazi i vodosabirnik iz koga se voda direktno izbacuje vani na kotu K+511,07mn.v..

U sistemu odvodnjavanja jame „Sretno“ postoje dva centralna vodosabirnika, na I i na II horizontu. Na trećem horizontu postoje manji vodosabirnici (zbog malih količina vode) u koje se sakuplja voda ili u koje se pumpama prebacuje voda. Ovi vodosabirnici imaju mali kapacitet i nalaze se u prostorijama sa ulaznom zračnom strujom. Na osnovu dosadašnjeg iskustva u polju S -19/3 postoje određeni dotoci vode pa je planirano da se na mjestu na kome se nekada nalazila sisaljka postavi jedna pumpa i to: CVNR 5 -3, kapaciteta 750-1200 l/min i snagom elektromotora 30 KW.

Raspored pumpi na trećem horizontu je dat u tabeli broj 2.

TABELA 2.

Redni broj	Mjesto ugradnje	Tip	Snaga el.motora (kW)	Kapacitet l/min.	Visina dizanja (m)
1-R	„Kiša“	CVNR 5-4	30	750-1600	80-100
2-R	VII guma	JASTREBAC	55	1500-2600	120-150
3-R	Br. 12	JASTREBAC	30	750-1200	60-80
4-R	Podinski	JASTREBAC	30	800-1200	60-80
5-R	S 19/3	CVNR 5-3	30	750-1200	80-100

Sva voda koja se skuplja na trećem horizontu pumpama se sakuplja u vodosabirnik na „VII gumi“ a odatle se prebacuje u vodosabirnik u „Kiši“ i dalje u centralni vodosabirnik na II horizontu.

U pumparnici na II horizontu su instalisane slijedeće pumpe: / tabela broj 3./

TABELA 3.

Redni broj	Mjesto ugradnje	Tip	Snaga el. motora (kW)	Kapacitet l/min.	Visina dizanja (m)
1	II horizont	MECKLEY	360	4364	360
6 A	II horizont	KROACIJA	360	4500	250
7 A	II horizont	PELIZARI	55	1200	100
7	II horizont	JASTREBAC	45	750-1600	80-100

U pumparnici na prvom horizontu su instalisane slijedeće pumpe: /tabela 4. /

TABELA 4.

Redni broj	Mjesto ugradnje	Tip	Snaga el. motora (kW)	Kapacitet l/min.	Visina dizanja (m)
3	I horizont	KROACIJA	360	4500	250
2	I horizont	JUGOTURBINA	160	2100	200

Osim ovih pumpi postoje još dvije pumpe koje se koriste i to pumpa u slobodnoj dubini izvoznog okna Jastrebac Niš CVN 5-2 kapaciteta 750-1200 l/min , visine dizanja 80 m. i snage elektro motora 30 kW i pumpa GTN-u . Ova pumpa površinsku vodu koja ulazi u jamu izbacuje vani a njene karakteristike su Jastrebac Niš kapacitet 750 l/ min.,visina dizanja 60 m i snaga el. motora 30 kW.

## ZAKLJUČAK

Hidrogeološki uslovi ležišta mrkog uglja "Breza" se mogu označiti kao povoljni, iako su u obje jame registrovani značajni dotoci vode.

Dotoci vode u toku godine kreću se u rasponu od 2,8 do 6,8 m<sup>3</sup> /min. To su ukupni doticaji iz tri stara revira (Izbod, Grabovik i Gornja Župča ) i iz sada aktivnog revira Donja Župča. To znači da su instalirani kapaciteti pumpi od 2 do 5 puta veći od registrovanih dotoka, te da obezbjeđuju potrebnu sigurnost na radu.

Iz izloženog se može zaključiti da priliv vode u otvorenim jamama ležišta uglja "Breza" nema značajniji uticaj pri izvođenju rudarskih radova u eksplotacionim poljima "Sretno" i "Kamenice", zbog riješenog sistema odvodnjavanja.

Obzirom da se kroz hidrogeološka istraživanja nije detaljno proučavao kvalitet podzemnih voda koje dotiču u jamske prostorije, trebalo bi ih potencirati iz razloga ekonomičnog korištenja podzemnih voda i u tehnološkom procesu proizvodnje uglja.

## LITERATURA

**Jahić, M., Josipović, J. & Ostojić, Đ. 1981,** Metode određivanja osnovnih parametara za proračun bilansa podzemnih voda. Geoinženjering. Sarajevo.

**Klimentov, M. 1985,** Dinamika podzemnih voda . Nedra. Moskva.

**Komatina ,M.M. 1986,** Hidrogeološka istraživanja-proračuni , II .Geozavod . Beograd.

**Komatina, M.M. 1990,** Hidrogeološka istraživanja - primijenjena hidrogeologija, III. Geozavod. Beograd.

**Komatina , M.M. 1995,** Hidrogeološka istraživanja - primijenjena hidrogeologija, IV. Geozavod - HIG. Beograd.

**Vuković , M. & Soro, A.1984,** Dinamika podzemnih voda kroz rješenje problema, ustaljena strujanja.Građevinska knjiga. Beograd.

**Mešković, A.,** Hidrodinamičke karakteristike podzemnih voda trijaskih krečnjaka u g. slivu r. Drinjače. Doktorska disertacija,Tuzla, 2000.

Dopunski rudarski projekat glavnog vodosabirnika, pumparnice i pumpnog postrojenja, sa cjevovodom kroz GTN u sistemu odvodnjavanja jama „Sretno“ i „Kamenice“ rudarsko mašinski dio Tuzla, juni, 2007.

Dopunski rudarski projekat nastavak otkopavanja glavnog ugljenog sloja u OP K-14/1 u jami "Kamenice" Rudnika mrkog uglja "Breza" u Brezi / Knjiga I-Rudarsko-mašinski dio/ Breza, juni, 2007.

# LOCATION AND IMPORTANCE OF MINERAL, THERMAL AND THERMOMINERAL WATERS IN THE ECONOMY DEVELOPMENT OF REPUBLIC OF SRPSKA

O. Krunic<sup>1</sup>, S. Parlic<sup>1</sup>, M. Jovanovic<sup>2</sup>

## Abstract

Mineral, thermal and thermomineral waters of Republic of Srpska represent important natural potential which, although is not well researched, give wide spectra of possibilities for upgrade in the aspect of their multi-application use for some special needs. Like that, they should find their place in economy growth of the country, because the previous practice confirmed that they should be a turning point of faster development, not only in tourism also in spa and climate places; not only from the medical aspect, also from all the other following activities. Because of that, the detailed analyses from the hydrogeological aspect could choose the most valuable of all.

*Key words:* mineral waters, potentials, current problematic, actual proposition

<sup>1</sup> University of Belgrade - Faculty of mining and geology, Department of hydrogeology; Đušina 7, Belgrade  
<sup>2</sup> "Natural Mineral Waters" d.o.o; Džordža Vašingtona 14/2, Belgrade

# MESTO I ZNAČAJ MINERALNIH, TERMALNIH I TERMOMINERALNIH VODA U PRIVREDNOM RAZVOJU REPUBLIKE SRPSKE

O. Krunic<sup>1</sup>, S. Parlic<sup>1</sup>, M. Jovanovic<sup>2</sup>

## Abstrakt

Mineralne, termalne i termomineralne vode Republike Srpske predstavljaju značajan prirodni potencijal koji, iako još nedovoljno istražen, pruža široke mogućnosti za nadgradnju u smislu njihovog višenamenskog iskorišćavanja za određene potrebe. Kao takve, one bi trebalo da nađu svoje mesto u privrednom razvoju zemlje, jer je dosadašnja praksa potvrdila da one mogu biti okosnica još bržeg razvoja, ne samo turizma već i banjskih i klimatskih mesta, ne samo sa zdravstvenog aspekta, već i svih ostalih pratećih aktivnosti. Zbog toga detaljna analiza sa hidrogeološkog aspekta može odabrati najvrednije od vrednih.

*Ključne reči:* mineralne vode, potencijali, aktuelni problematika, aktuelni zadaci

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju; Đušina 7, Beograd  
<sup>2</sup> "Natural Mineral Waters" d.o.o; Džordža Vašingtona 14/2, Beograd



## Uvod

Na teritoriji Srpske Republike nalazi se veliki broj pojava i poznatih ležišta mineralnih voda koje svakim danom sve više skreću pažnju na sebe, ali se postavlja pitanje njihove ekonomske valorizacije i racionalne eksploatacije u narednom periodu. Brojnost, raznovrsnost u pogledu fizičkih i hemijskih karakteristika, izdašnost, dovoljno za sebe govore i obavezuju sve subjekte u društvu, pod uslovom da postoji svest i realni interes za korišćenje ovog značajnog prirodnog potencijala na kojemu mnoge zemlje mogu da pozavide. U radu se daje pregled pojava i ležišta mineralnih voda, da bi se ukazalo na neophodnost detaljnih istraživanja, obezbeđenje neophodnih podloga, preko mogućnosti korišćenja i zaštite, uz donošenje zakonske regulative i odgovarajuće organizovanosti kao nužnih preduslova za razvoj brojnih privrednih delatnosti.

### 1. Rasprostranjenije i tipovi mineralnih voda Srpske Republike

Velika heterogenost terena, do dubine od par kilometara, u litološkom sastavu i strukturnim oblicima, posledica je dugotrajnog i burnog geološkog razvoja zemljine kore. U sadejstvu sa drugim geološkim procesima doveli su do stvaranja specifičnih hidrogeoloških karakteristika pojedinih delova njene teritorije.

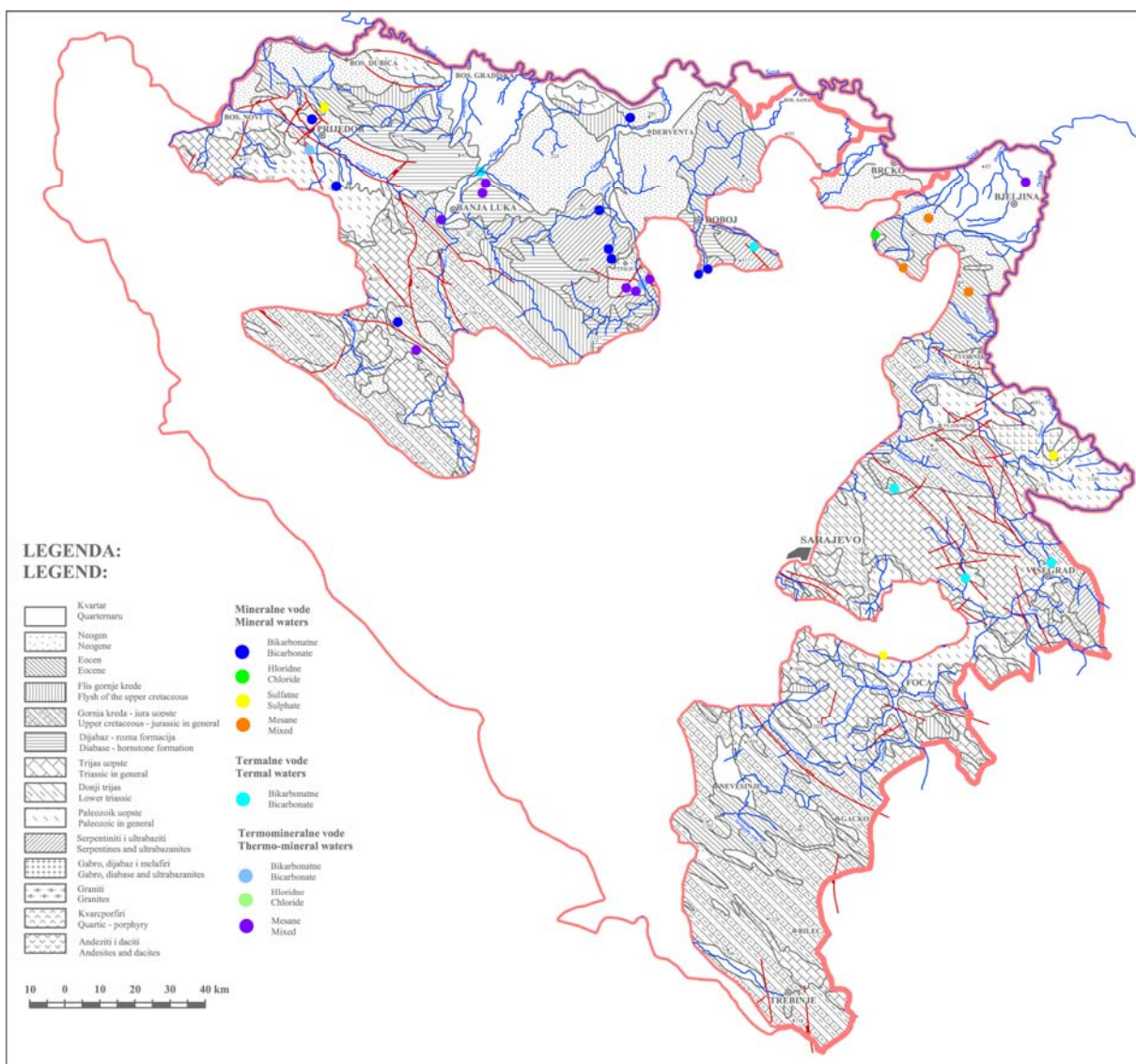
Izvedena geološka i hidrogeološka istraživanja poslužila su kao osnova za rekonstrukciju geološko-tektonskih uslova formiranja geološke građe ovog područja (sl.1). Na teritoriji Republike Srpske kao najstariji sedimenti izdvojene su naslage paleozojske starosti, koje su predstavljene škriljcima, mermerima, dolomitima, krečnjacima i klasičnim stenama koje su prožete raznovrsnim magmatskim stenama. Ove naslage su intenzivno izrasedana i ubrane. Mezozojske naslage imaju značajno rasprostranjenje na ovom području. Mezozojski kompleks čine klasične karbonatne naslage, vulkano-sedimentne i flišne tvorevine. Naslage neogena su razvijene na severnim i severoistočnim delovima teritorije. U ovim naslagama zastupljene su magmatske stene sa orudnjenjima, kao i ugljnosne naslage. U okviru neogena pored krečnjačkih i klasičnih naslaga prisutne su i slatkovodne naslage. Kao najmlađe tvorevine izdvajaju se pliocenske i kvartarne naslage, čije se pojavljivanje vezuje za gotovo sve doline i kotline.

### 2. Hidrohemijski tipovi voda

Pored raznovrsnosti u pogledu temperaturnih karakteritika i mineralizacije analiziranih pojava Republike Srpske, uočava se i raznolik hemijski sastav (tab. 1). Posmatrajući odvojeno mineralne vode sa i bez CO<sub>2</sub>, termalne i termomineralne vode zapažaju se znatne razlike u zastupljenosti glavnih anjona i katjona u jonskom sastavu voda.

Mineralne vode bez CO<sub>2</sub> su po anjonskom sastavu raznovrsne. Anjonski sastav se vezuje pre svega za zone njihovog pojavljivanja. U katjonskom sastavu dominantno mesto uglavnom zauzmaju joni natrijuma.

Mineralne vode sa CO<sub>2</sub> su najvećim delom hidrokarbonatne uz određene izuzetke, dok je katjonski sastav dosta raznovrstan.



**Slika 1.** Geološka karta Republike Srpske

(prema Preglednoj karti mineralnih, termalnih i termomineralnih voda na teritoriji Bosne i Hercegovine 1:500000, lit. 2, J. Josipović )

Termalne vode su uz retke izuzetke, hidokarbonatno-kalcijumskog tipa, što je i očekivano s obzirom da se njihovo pojavljivanje uglavnom vezuje za karbonatne stene.

Termomineralne vode u anjonskom sastavu pokazuju raznovrsnost, dok se u katjonskom sastavu javljaju joni natrijuma i kalcijuma.

U anjonskom sastavu mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Republike Srpske dominantno mesto zauzimaju joni hidrokarbonata. Među hidokarbonatnim tipovima nalaze se termalne vode (npr. Višegrad). Hidokarbonatnom tipu pripadaju termomineralne vode sa sadržajem CO<sub>2</sub> preko 0.5 g/l u području serpentinitne zone. Hidokarbonatno-sulfatni tip obuhvata pojave termomineralnih voda oko Banja Luke. Hidokarbonatno-hloridni tip voda javlja se na području oko Teslića (npr. Kulaši), a obuhvata i mineralne vode sa povišenim sadržajem CO<sub>2</sub> (Dubnica i Jasenica).

Na lokalnosti oko Srebrenice javljaju se sulfatni tipovi voda. Pojave ovih mineralnih voda karakteristične su po sadržaju arsena u vodama (oko 4.6 mg/l). Pojavljivanje sulfatno-

hidrokarbonatnog tipa voda karakteristično za područje Slatine kod Banja Luke (Slatina Ilidža, Kiseljak), kao i pojave kod Prijedora sa povišenim sadržajem H<sub>2</sub>S.

Dominaciju u katjonskom sastavu mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Republike Srpske ima jon natrijuma (npr. Rasol-Priboj), dok je na drugom mestu jon kalcijuma (npr. Višegradska banja). Katjonski podtipovi mineralni, termalnih i termomineralnih voda su znatnije zastupljeni.

**Tabela 1.** Pregled pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Republike Srpske

Pojava	Lokalitet	Formula hemijskog sastava	Litološka sredina
Crni Guber	Srebrenica	$M_{0.8} \frac{SO_{99}^4}{Na_{93}} 13^{\circ}C$	andeziti i daciti
Crvena Rijeka	Srebrenica	$M_{1.8} \frac{SO_{100}^4}{Na_{80} Ca_{11} Mg_9} 12.5^{\circ}C$	andeziti i daciti
Mala Kiselica	Srebrenica	$M_{0.7} \frac{SO_{99}^4}{Na_{77} Ca_{14} Mg_9} 12.5^{\circ}C$	andeziti
Velika Kiselica	Srebrenica	$M_{1.8} \frac{SO_{100}^4}{Na_{59} Ca_{25} Mg_{16}} 13^{\circ}C$	andeziti
Gornji Šeher	Banja Luka	$CO_{0.2}^2 M_{1.3} \frac{HCO_{65}^3 SO_{32}^4}{Ca_{55} Mg_{33} Na_{12}} 34^{\circ}C$	krečnjaci
Slatina Ilidža	Banja Luka	$CO_{0.6}^2 M_{2.9} \frac{SO_{50}^4 HCO_{45}^3 Cl_5}{Ca_{64} Mg_{20} Na_{16}} 40.7^{\circ}C$	peščari
Kiseljak	Banja Luka	$CO_{1.2}^2 M_{3.0} \frac{SO_{48}^4 HCO_{47}^3 Cl_5}{Ca_{64} Mg_{20} Na_{16}} 19^{\circ}C$	peščari
Banja	Višegrad	$M_{0.41} \frac{HCO_{90}^3 SO_7^4}{Ca_{74} Na_{14} Mg_{12}} 37.2^{\circ}C$	serpentin
Kulaši	Doboj	$M_{0.37} \frac{HCO_{59}^3 Cl_{38}}{Na_{73} Ca_{25}} 30^{\circ}C$	serpentin
Dubnica	Zvornik	$CO_{1.8}^2 M_{3.65} \frac{HCO_{67}^3 Cl_{32}}{Na_{74} Ca_{20} Mg_6} 13.6^{\circ}C$	eocenski fliš
Jasenica	Zvornik	$CO_{1.54}^2 M_{4.07} \frac{HCO_{58}^3 Cl_{42}}{Na_{68} Ca_{20} Mg_{12}} 7.5^{\circ}C$	eocenski fliš
Sumporno vrelo Rasoli	Priboj	$M_{3.8} \frac{Cl_{38} SO_{33}^4 HCO_{29}^3}{Na_{94}} 23.4^{\circ}C$	eocenski krečnjaci
Sumporno vrelo Smrdelj	Prijedor	$CO_{0.1} M_{2.5} \frac{SO_{80}^4 HCO_{20}^3}{Ca_{82} Mg_{19}} 12.8^{\circ}C$	mermerisani krečnjaci
Dvorovi	Bijeljina	$M_{2.1} \frac{Cl_{50} HCO_{47}^3 SO_3^4}{Na_{86} Ca_8 Mg_6} 56^{\circ}C$	peščari i krečnjaci

### **3. Mesto i značaj mineralnih voda u privrednom razvoju Republike Srpske**

- Banjski objekti Republike Srpske imaju značajnu ulogu u prevenciji, očuvanju i unapređenju zdravlja stanovništva kao lekovite vode
- Privreda, ugostiteljstvo, turizam, trgovina i saobraćaj trebalo bi da prepoznaju svoj interes
- Kategorija obnovljivih energenata u vidu hidrogeotermalne energije sastavni je deo problematike istraživanja i iskorišćavanja mineralnih voda
- Poseban značaj imaju mineralne vode (ugljokisele) kao osvežavajuće, stone, vode za piće, kao osnova za razvoj industrijske grane za proizvodnju i flaširanje ovih voda i drugih proizvoda na osnovu njih
- Kozmetička industrija

### **4. Aktuelna problematika i zadaci u vezi sa istraživanjem, zaštitom i korišćenjem mineralnih voda**

- Racionalno iskorišćavanje zahteva izradu neophodnih podloga radi planske racionalne nadgradnje, uz određivanje prioriteta. To podrazumeva ravnomeran nivo poznavanja, uz uvažavanje heterogenosti fizičkih i hemijskih svojstava, kao i raspoloživih rezervi koje bi morale biti verifikovane. To znači između ostalog izradu katastra, analiza, interpretacija sa aspekta uslova formiranja, postojanja, obnavljanja, uz izradu namenskih karata, čime bi se odredilo realno mesto u zakonskim propisima nacionalnog razvoja, pre svega u Prostornom planu i Vodoprivrednoj osnovi.
- Prostorni raspored mineralnih voda u datim uslovima, uz određivanje uloge istih u datom okruženju u odnosu na ostale mogućnosti te sredine. Misli se na činjenicu da na malom prostoru u određenim lokalitetima registrovano je više pojava mineralnih voda sa različitim svojstvima i mogućnostima korišćenja, tj preraspodela u strukturi sadašnje ponude.
- Korišćenje raspoloživih kapaciteta, proširenje sa vremenom i nastalim potrebama zahteva usaglašavanje korisnika u kraćem ili dužem vremenskom periodu, sa ciljem obezbeđenja kontinuiteta u plasmanu određenih tipova voda.
- Savremeni razvoj banjskih i klimatskih mesta koji počiva na mineralnim vodama zahteva obezbeđenje višeg standarda za njihove korisnike kao i bogatiju ponudu za raznovrsne kategorije gostiju različitih interesa. To prekično znači razvijati određeni broj banjskih i klimatskih mesta na najvišem nivou ( "duboki džep") na regionalnom nivou obe kategorije uz stalnu brigu države i zainteresovanih subjekata, ono što je sada izvesno je kategorija banjskih i klimatskih mesta na lokalnom nivou, opština tj. mesnih zajednica, uz predviđenu i ostavljenu mogućnost menjanja ranga odnosno nivoa.

- Zaštita u okvirima okruženja drugih prirodnih resursa na istim prostorima, onih koja su u eksploataciji kao i potencijalnih.
- Uvažavanje onoga što u ovom momentu se o mineralnim vodama zna, zahteva, pre svega, i odgovarajuću zakonsku regulativu, kao nužni preduslov za određivanje njihovog mesta i uloge u iskorišćavanju prirodnih potencijala u okviru ukupno raspoloživih prirodnih mogućnosti

## **Zaključak**

Nadamo se da će ovaj rad izazvati odgovarajuće interesovanje ne samo prisutnih već i šire stručne i naučne javnosti u smislu objedinjavanja interesa svih subjekata u društvu, pod uslovom da se želi njihovo dalje racionalno istraživanje za određene potrebe, odnosno potpunija valorizacija u ukupnom privrednom razvoju Srpske Republike.

## **Literatura**

1. F. Katzer: "K poznavanju mineralnih vrela Bosne"; Separatni otisak iz Glasnika zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini XXXI; Sarajevo, 1919.
2. J. Josipović: "Mineralne, termalne i termomineralne vode na teritoriji Bosne i Hercegovine"; Geološki glasnik 15; Sarajevo, 1971.
3. O. Krunic: "Hidrogeološka problematika Višegradske banje"; Rudarsko-geološki fakultet; Institut za hidrogeologiju, Beograd, 1989.

# POTENTIALITY OF FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA FROM THE ASPECT OF MULTI-APPLICATION USE OF MINERAL, THERMAL AND THERMOMINERAL WATERS

O. Krunic<sup>1</sup>, S. Parlic<sup>1</sup>, M. Jovanovic<sup>2</sup>

## Abstract

The territory of the Federation of Bosnia and Herzegovina is enriched with occurrences and resources of mineral, thermal and thermomineral waters, which are different in their physical and chemical characteristics. Like that, they perform huge natural fortune - potential with multi-application possibilities for their use, which represent a very important foundation for the development of different activities in the area of medicine, tourism, sport, in the industry of bottled water and non-alcoholic drinks, in obtainment of various mineral raws, in technological processes which demand increased temperatures, in agriculture. All of this is pointing on the need of complete and detail investigations in the hydrogeology area, which is disregarded. Practice did not show enough understandings nor correct approach to this investigations.

*Key words:* hydrogeology, mineral waters, investigation, exploration, protection, potentiality

<sup>1</sup> University of Belgrade - Faculty of mining and geology, Department of hydrogeology; Đušina 7, Belgrade

<sup>2</sup> "Natural Mineral Waters" d.o.o; Džordža Vašingtona 14/2, Belgrade

# POTENCIJALNOST FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE SA ASPEKTA VIŠENAMENSKOG ISKORIŠĆAVANJA MINERALNIH, TERMALNIH I THERMOMINERALNIH VODA

O. Krunic<sup>1</sup>, S. Parlic<sup>1</sup>, M. Jovanovic<sup>2</sup>

## Abstrakt

Teritorija Federacije Bosne i Hercegovine je bogata pojavama i ležištima mineralnih, termalnih i termomineralnih voda, različitim po svojim fizičkim i hemijskim karakteristikama. Kao takve predstavljaju veliko prirodno bogatstvo- potencijal sa višenamenskim mogućnostima njihovog korišćenja, što predstavlja značajnu osnovu za razvoj određenih delatnosti i aktivnosti u oblasti medicine, turizma, sporta, u industriji flaširanih voda i osvežavajućih napitaka, za dobijanje određenih mineralnih sirovina, u tehnološkim procesima koji zahtevaju povišenu temperature, u poljoprivredi. Sve ovo upućuje na potrebu detaljnog i kompleksnog istraživanja u oblasti hidrogeologije koje je zanemareno. Praksa nije pokazala niti dovoljno razumevanja niti korektan pristup ovakvim istraživanjima.

*Ključne reči :* hidrogeologija, mineralne vode, istraživanje, iskorišćavanje, zaštita, potencijalnost.

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju; Đušina 7, Beograd

<sup>2</sup> "Natural Mineral Waters" d.o.o; Džordža Vašingtona 14/2, Beograd

## Uvod

Mnogobrojni ostaci građevinskih i drugih objekata oko izvora mineralnih voda kao i istorijski zapisi svedoče o tome da ih je čovek koristio od pamtiveka. Rezultat ove duge tradicije u korišćenju je saznanje o značajnoj potencijalnosti raspoloživih rezervi mineralnih voda, što je potvrđeno istraživanjem postojećih ležišta sa mogućnošću otvaranja velikog broja novih.

### 1. Pregled pojava i ležišta mineralnih voda Federacije Bosne i Hercegovine

Relevantni i validni podaci dugogodišnjih geoloških i hidrogeoloških istraživanja na teritoriji Federacije Bosne i Hercegovine ukazuju na značaj i perspektivnost bogatstva mineralnih, termalnih i termomineralnih voda ovog područja. Brojnost i pre svega raznovrstnost mineralnih, termalnih i termomineralnih voda uslovljena je geološkom građom i tektonskim sklopom terena.

Geološka građa Federacije Bosne i Hercegovine rezultat je dugogodišnje geološke prošlosti (sl.1). Kao najstarije, izdvojene su stene koje potiču iz palaeozoika, a koja čine osnov svim ostalim geološkim naslagama. Predstavljene su škriljavim naslagama, mermerima, dolomitima, kerčnjacima i klastitima sa pojavom raznosvrskih magmatskih stena.

Mezozoik je predstavljen trijaskim stenama, jurskim tvorevinama i krednim sedimentima koje su široko rasprostranjene. Naslage mezozojske starosti čine klasične karbonatne, vulkanogeno-sedimentne i flišne naslage. U okviru naslaga paleogena izdvojene su magmatske stene sa orudnjenjima, kao i ugljonošne naslage.

Za neogene sedimente vezuje se pojava krečnjačkih i klasičnih stena, uz prisustvo i slatkovodnih naslaga. Kao najmlađi, javljaju se šljunkovi, peskovi i gline kvartarne starosti.

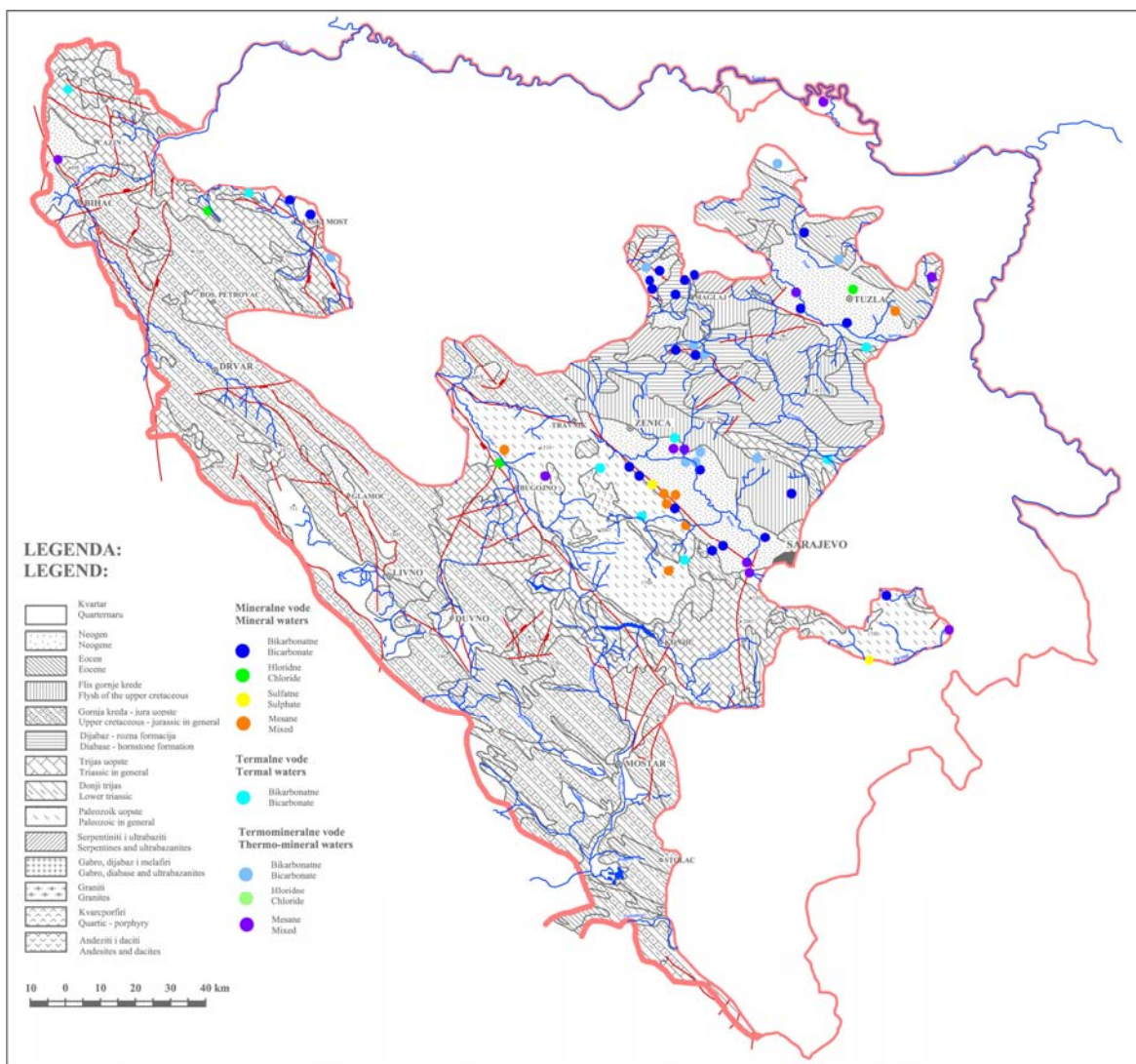
Za dosadašnja poznavanja mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije Bosne i Hercegovine doprinela su brojna hidrogeološka istraživanja, koja datiraju još iz 1886. godine. Rezultati svih ovih istraživanja doprineli su formiranju slike o fizičkim i hemijskim karakteristikama podzemnih voda.

Mineralne, termalne i termomineralne vode Federacije Bosne i Hercegovine imaju ukupnu mineralizaciju imaju uglavnom ispod 2.5 g/l, pri čemu izuzetak čine vode u području sonih ležišta.

Temperaturne vrednosti podzemnih voda su dosta raznolike. Temperature termalnih i termomineralnih voda kreću se u opsegu od 20 do 40 °C, izuzev pojava koje se javljaju oko Sarajeva, pri čemu najveću temperaturu imaju vode Ilidže.

Posmatrajući hidrohemijske tipove voda (tab. 1), zapaža se da je preovlađujući hidrokarbonatni jon, u anjonskom sastavu voda. Hidrokarbonatni tip voda javlja se među termalnim vodama (Olovo). Hidrokarbonatno-sulfatni tip voda karakterističan je za pojave sarajevsko-zeničkog basena i njegovog oboda (Ilidža). Hidrokarbonatno-hloridni tip voda vezuje se za područje oko tuzlanskog basena.

U anjonskom sastavu posle hidrokarbonatnog jona najveću zastupljenost ima hloridni, čije se pojave uglavnom javljaju uz sone formacije. Pojave mineralnih i termomineralnih voda hloridnog tipa karakteristične su za područje oko Tuzle, pri čemu se na ovom terenu javljaju i hloridno-hidrokarbonatni i hloridno-sulfatni tipovi voda. Sulfatni tip voda nije čest, dok su podtipovi sulfatnih voda za nijansu češći (Gata).



**Slika 1.** Geološka karta Federacije Bosne i Hercegovine

(prema Preglednoj karti mineralnih, termalnih i termomineralnih voda na teritoriji Bosne i Hercegovine 1:500000, lit. 2, J. Josipović)

Katjonski sastav voda daje nešto drugačiju sliku (tab. 1). Naime, čisti katjonski tipovi voda, su ređi nego što je bio sličaj sa anjonskim tipovima. Od katjona najdominatniji je jon natrijuma, koji se javlja u pojavama u severoistočnom delu terena (Tuzla, Navioći).



Jon magnezijuma se vezuje za pojave termomineralnih voda sa CO<sub>2</sub> (Žepče). Kalcijumski tip voda je dosta redak. Katjonski podtipovi mineralni, termalnih i termomineralnih voda su dosta zastupljeniji.

**Tabela 1.** Pregled pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda

Pojava	Lokalitet	Formula hemijskog sastava	Litološka sredina
Ilidža	Sarajevo	$\text{CO}_{0.49}^2 \text{M}_{3.2} \frac{\text{HCO}_{51}^3 \text{SO}_{27}^4 \text{Cl}_{22}}{\text{Ca}_{56} \text{Na}_{28} \text{Mg}_{16}} 57.5^\circ\text{C}$	trijaski škriljci i dolomiti
Gata	Bihać	$\text{M}_{1.7} \frac{\text{SO}_{54}^4 \text{Cl}_{26} \text{HCO}_{20}^3}{\text{Ca}_{50} \text{Na}_{31} \text{Mg}_{19}} 36^\circ\text{C}$	trijaski dolomiti
Vručica	Teslić	$\text{M}_{3.7} \frac{\text{HCO}_{63}^3 \text{Cl}_{20} \text{SO}_{17}^4}{\text{Ca}_{46} \text{Na}_{40} \text{Mg}_{15}} 27.5^\circ\text{C}$	kredni lapori i škriljci
Toplice	Gradačac	$\text{CO}_{0.1}^2 \text{M}_{1.2} \frac{\text{HCO}_{70}^3 \text{SO}_{21}^4 \text{Cl}_9}{\text{Na}_{75} \text{Ca}_{20} \text{Mg}_5} 29.3^\circ\text{C}$	krečnjaci
Toplice	Fojnice	$\text{M}_{0.48} \frac{\text{HCO}_{93}^3 \text{SO}_5^4}{\text{Ca}_{57} \text{Mg}_{27} \text{Na}_{16}} 28.9^\circ\text{C}$	filiti
Toplice	Olovo	$\text{M}_{0.47} \frac{\text{HCO}_{97}^3}{\text{Ca}_{69} \text{Mg}_{26} \text{Na}_5} 31.5^\circ\text{C}$	krečnjaci
Kiseljak	Fojnice	$\text{CO}_{1.8}^2 \text{M}_{6.4} \frac{\text{HCO}_{66}^3 \text{SO}_{28}^4 \text{Cl}_6}{\text{Ca}_{52} \text{Na}_{28} \text{Mg}_{20}} 12^\circ\text{C}$	filiti
Kiseljak	Žepče	$\text{CO}_{1.8}^2 \text{M}_{4.0} \frac{\text{HCO}_{93}^3}{\text{Mg}_{76} \text{Ca}_{16} \text{Na}_8} 20.4^\circ\text{C}$	serpentinit
Kiseljak	Rječice	$\text{CO}_{1.6}^2 \text{M}_{3.9} \frac{\text{HCO}_{92}^3 \text{Cl}_6}{\text{Mg}_{49} \text{Na}_{47}} 14.4^\circ\text{C}$	tufitni pešćar
Sočkovica	Gračanica	$\text{CO}_{1.1}^2 \text{M}_{0.35} \frac{\text{HCO}_{96}^3}{\text{Na}_{50} \text{Mg}_{40} \text{Ca}_{10}} 24^\circ\text{C}$	serpentinit
Kiseljak	Dragunja	$\text{CO}_1^2 \text{M}_{3.3} \frac{\text{HCO}_{85}^3 \text{Cl}_{14}}{\text{Na}_{63} \text{Ca}_{22} \text{Mg}_{15}} 17.2^\circ\text{C}$	pešćar
Kiseljak	Spreča	$\text{CO}_{0.8}^2 \text{M}_{2.0} \frac{\text{HCO}_{88}^3 \text{Cl}_{12}}{\text{Mg}_{68} \text{Na}_{21} \text{Ca}_{11}} 13.6^\circ\text{C}$	serpentinit
Jodno vrelo	Navioći	$\text{CO}_{0.1}^2 \text{M}_{47.5} \frac{\text{Cl}_{96}}{\text{Na}_{93} \text{Ca}_6} 13.6^\circ\text{C}$	pešćari i lapori

## 2. Sadašnje stanje u istraživanju mineralnih voda i potencijalne mogućnosti

- Evidentno je da su mineralne vode nedovoljno istražene, tako da je osnovni zadatak intenziviranje njihovog istraživanja u narednom periodu, kako po obimu tako i po ravnomernosti
- Veliki broj poznatih pojava i ležišta, značajne količine voda, visoke temperature svedoče nam o pespektivnosti, a i o otkrivanju i dokazivanju većih reezervi u okviru već poznatih ležišta voda, kao i novih
- Sadašnje stanje i simptomatika koja prati poznate pojave i ležišta mineralnih voda nedvosmisleno ukazuje na konstatacije o perspektivnosti
- Stepem istraženosti i iskorišćavanja ovih voda je još uvek neravnomeran, često nizak, što znači da se uglavnom do kraja ne koriste raspoložive rezerve, tako i nepoznanice sa aspekta geneze, uslova hranjenja, postojanja, isticanja, bilansa, jednom rečju neophodnošću sistematskih istraživanja
- Stepem iskorišćavanja je neujednačen, od primitivnog, neorganizovanog načina korišćenja do organizovanog iskorišćavanja u savremenim medicinskim (banjskim i klimatskim mestima) ili centrima za rekreaciju, za flaširanje, kao stone osvežavajuće vode, u poljoprivredi za zagrevanje toplih leja,gajenje povrća i cveća u staklenicama, sušenje poljoprivrednih proizvoda, za toplifikaciju naselja, za dobijanje gasova iz ovih voda.
- Pomenute pojave i ležišta su dovoljni da se stekne slika o rasprostranjenju bez nabrojanja svih poznatih pojava, uz napomenu o mogućnostima otkrivanja novih, te se realno ističe perspektivnost sa aspekta višenamenskog korišćenja

## Zaključak

Pristup daljem tretmanu mineralnih voda zahteva posebnu, u svim domenima objektivnu koncepciju i savremeni metodološki pristup, što obavezuje sve subjekte na ozbiljno razmatranje uslova i mogućnosti u pogledu ulaganja finansijskih sredstava, potrebne opreme, teoretske i iskustvene spremnosti stručnog kadra. Na bazi korišćenja ovog prirodnog potencijala može se omogućiti celishodniji i ekonomičniji razvoj i povećanje sopstvenog nacionalnog bogastva.

## Literatura

1. F. Katzer: "K poznavanju mineralnih vrela Bosne"; Separatni otisak iz Glasnika zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini XXXI; Sarajevo, 1919.
2. J. Josipović: "Mineralne, termalne i termomineralne vode na teritoriji Bosne i Hercegovine"; Geološki glasnik 15; Sarajevo, 1971.
3. O. Krunic: "Hidrogeološka problematika Višegradske banje"; Rudarsko-geološki fakultet; Institut za hidrogeologiju, Beograd, 1989.

# NOVE POJAVE MINERALNIH VODA NA PODRUČJU OPŠTINE KOZARSKA DUBICA

Milojko Lazić<sup>20</sup>, Stanko Sorajić<sup>1</sup>, Daniela Maksimović<sup>1</sup>, Branimir Lazić<sup>21</sup>

## Abstrakt

## Uvod

Republika Srpska raspolaže velikim potencijalima u smislu iskorišćavanja podzemnih voda, kako običnih malomineralizovanih tako i mineralnih, termalnih i termomineralnih voda. Dosta prirodnih pojava običnih pijaćih voda i mineralnih voda uopšte nije istraživano, niti su ispitivane njihove kvalitativne i kvantitativne karakteristike. Međutim, menjajući dosadašnju praksu, na području Opštine Kozarska Dubica su izvedena hidrogeološka istraživanja sa ciljem detaljnog proučavanja hidrogeoloških uslova koji vladaju na široj teritoriji opštine, kao i utvrđivanje uslova i mogućnosti za višenamensko korišćenje podzemnih voda.

## Cilj rada

Predmet ovog rada je potencijalnost i perspektivnost novih pojava mineralnih voda na području Opštine Kozarska Dubica. U radu će biti prikazana istraživanja koja su izvedena za potrebe utvrđivanja uslova i mogućnosti zahvatanja određenih količina kvalitetnih mineralnih podzemnih voda, pre svega geofizička ispitivanja i istražno bušenje.

## Metode

Za postizanje gore navedenog cilja bilo je neophodno izvesti adekvatna geološka i hidrogeološka istraživanja. Na osnovu hidrogeološkog rekognosciranja terena i prikupljenih podataka ustanovljeni su perspektivni lokaliteti na kojima je izvedeno geoelektrično sondiranje terena. Nakon geoelektričnog sondiranja terena i interpretacije podataka koji su dobijeni ovim istraživanjima, određena je najperspektivnija lokacija na kojoj će se vršiti dalja istraživanja, tj. istražno bušenje. Na lokalitetu Vranovac je izvedena istražna bušotina.

## Rezultati

Na lokalitetu Vranovac, izvedenom istražnom bušotinom je utvrđeno postojanje mineralnih sumporovitih voda. U budućem periodu izradom hemijskih analiza utvrdiće se fizičko-hemijska svojstva ove mineralne vode, te će se tačno utvrditi u koje svrhe se može iskoristiti. Izrada hemijskih analiza ovih mineralnih voda je u toku. Preliminarnom ocenom se može zaključiti da je perspektivnost ovih mineralnih voda iskorišćavanje u balneološke i sportsko-rekreacione svrhe.

---

<sup>20</sup> Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, Đušina 7, Beograd

<sup>21</sup> Hidrogeocentar, Save Kovačevića 63, Leštane

## **Zaključak**

Na osnovu dosadašnjih istraživanja, geoelektričnog sondiranja i istražnog bušenja, otkrivene su nove pojave mineralnih voda na području Opštine Kozarska Dubica. Daljim istraživanjima će se precizno utvrditi perspektivnost ovih voda i mogućnost njihovog višenamenskog iskorišćavanja. U budućem periodu će biti dobijeni rezultati hemijskih analiza dobijene mineralne vode na osnovu kojih će se utvrditi svrha korišćenja ovih voda. Izrada hemijskih analiza ovih mineralnih voda je u toku. Obzirom na potencijalnost ovog područja, hidrogeološka istraživanja treba dalje sprovoditi, a sve u cilju detaljnijeg istraživanja i iznalaženja novih količina kako mineralnih tako i malomineralizovanih voda koje će se moći koristiti u balneološke, sportsko-rekreacione svrhe i za vodosnabdevanje stanovništva. Iznalaženje mineralnih voda otvara nove mogućnosti razvoja Opštine Kozarska Dubica u smislu izgradnje banjskog i sportsko-rekreacionog centra.

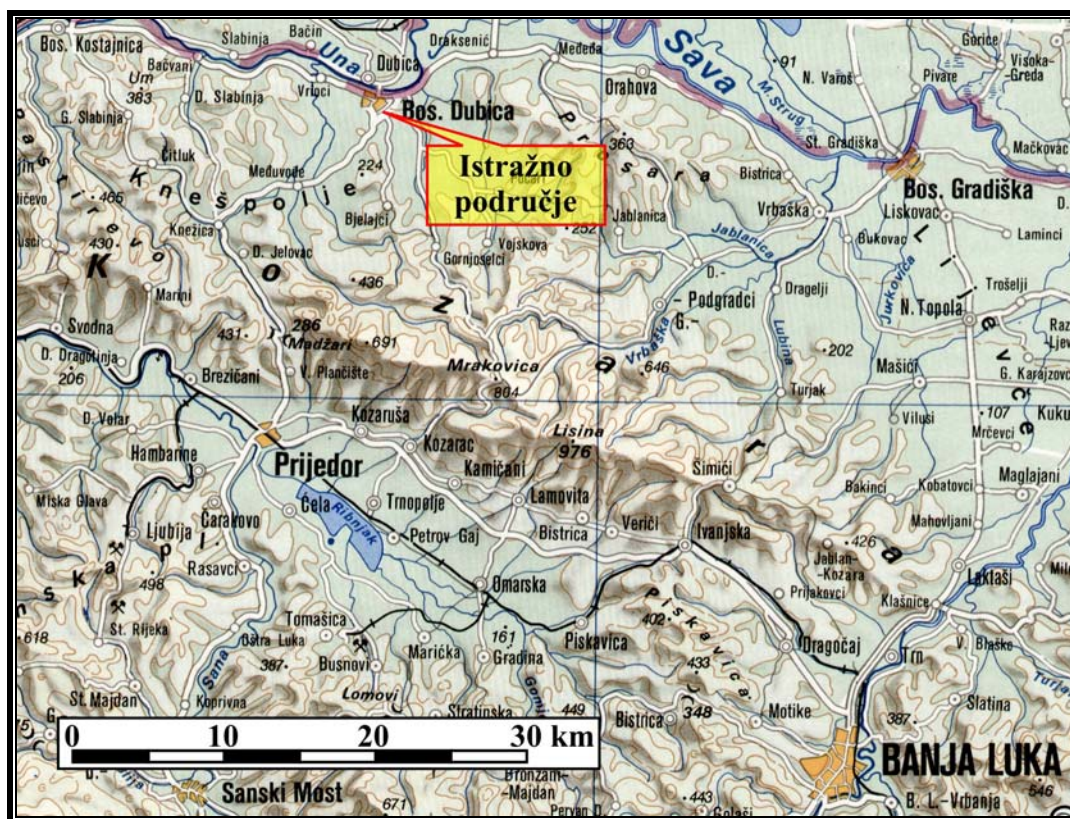
**Ključne reči:** hidrogeologija, mineralne vode

### **1. Opšte karakteristike šire okoline Kozarske Dubice**

Područje Opštine Kozarska Dubica se nalazi na krajnjem severozapadnom delu Republike Srpske, sa severa se graniči sa Republikom Hrvatskom, sa istoka sa Opštinom Gradiška, sa zapada sa Opštinom Srpska Kostajnica, a sa juga sa Opštinom Prijedor. Opština Kozarska Dubica nalazi se na 45°10' severne geografske širine i 16°50' istočne geografske dužine. Ukupna površina opštine iznosi 499 km<sup>2</sup> i geografski pripada oblasti panonske nizije, sa prosečnom nadmorskom visinom od 200 m. Prostire se u severozapadnom delu Republike Srpske između masiva Uma i Velikog pastireva na zapadu i planine Prosare na istoku. Na jugu se prostor opštine pruža od planine Kozare, obuhvatajući njene severozapadne padinske strane, do reke Une i Save na severu, koje ujedno čine granicu sa Republikom Hrvatskom. Smeštena je u donjem toku reke Une i središnjem toku reke Save. Pored pomenutih reka ima još nekoliko manjih stalnih vodotoka kao što su: Moštanica, Mlječanica, Slabilja i dr.

Razvijena saobraćajna infrastruktura omogućava ovom prostoru dobru saobraćajnu povezanost sa ostalim delovima Republike Srpske kao i vezu sa Srbijom i Crnom Gorom. Putna mreža preko koje se Kozarska Dubica povezuje sa ostalim centrima regije su magistralni put Kostajnica - Kozarska Dubica - Gradiška i put Kozarska Dubica - Prijedor. Važan segment saobraćajne povezanosti sa daljim prostorom jeste i blizina auto puta Beograd-Zagreb (oko 30 km) u Republici Hrvatskoj.

Geografski položaj Kozarske Dubice prikazan je na slici 1.



*Slika 1. Geografski položaj područja istraživanja*

## 2. Pregled ranije izvedenih geoloških i hidrogeoloških istraživanja

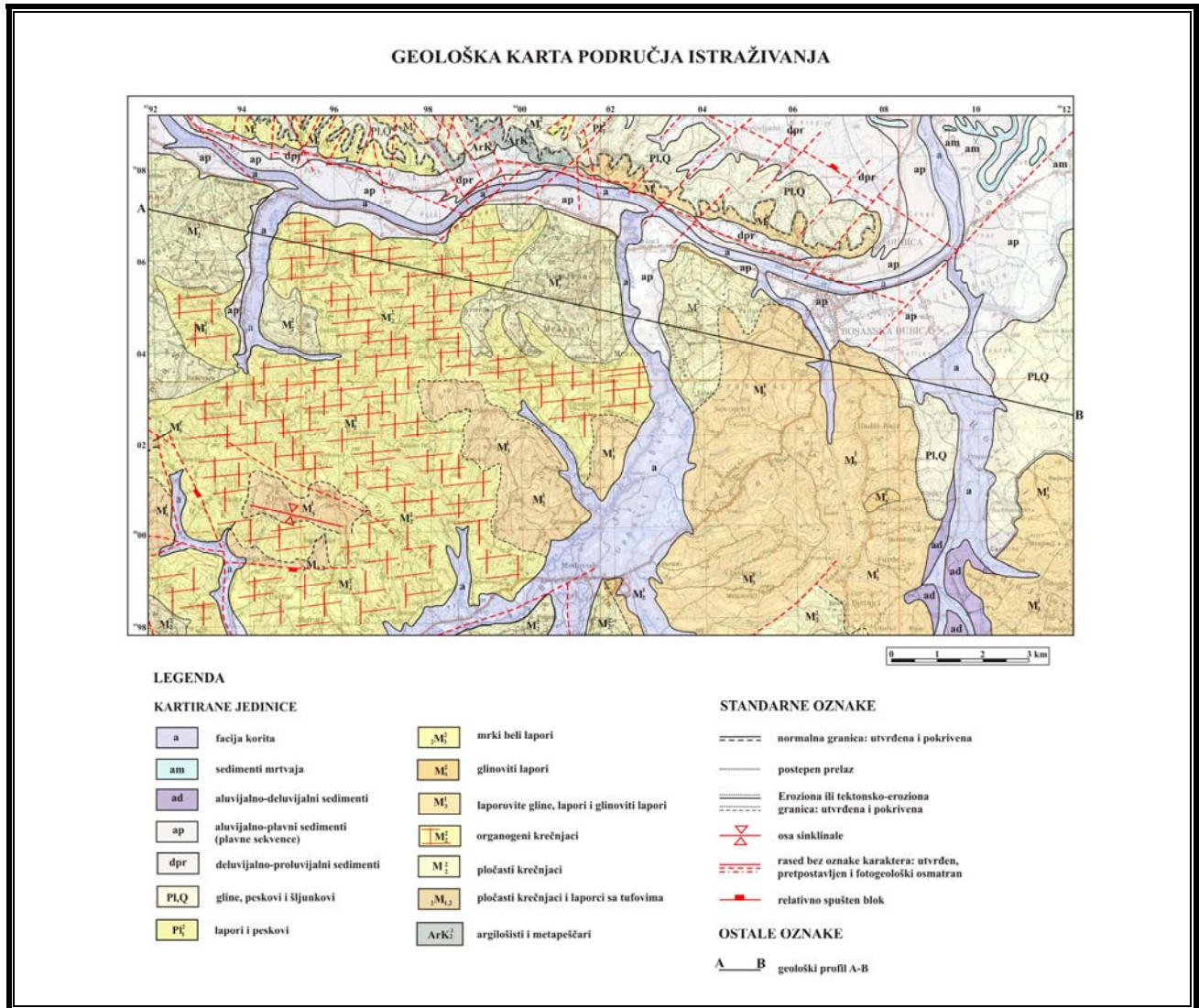
Prva geološka istraživanja na ovom području je izvršio D. Stur (1803), nešto kasnije F. Foetterle (1871), I. Vukasovic (1876), D. Pilar (1882). Geološku kartu Gradiška-Orahova publikuje F. Katzer (1912). Isti autor (1921) na preglednoj geološkoj karti list Banja Luka u razmeri 1:200000 izdvojio marinski miocen na prostoru između Kozare i Prosare. Intezivna geološka istraživanja započeo je L. Magdalenic (1955), zatim P. Miljuš (1961), M. Miladinović (1966) i V. Kochansky-Devide i T. Slišković (1978).

Značajni podaci o geološkoj građi ispitivanog terena dobijeni su geofizičkim i hidrogeološkim istraživanjima na području Opštine Kozarska Dubica koja su vršena 2007. godine.

Šira okolina Opštine Kozarska Dubica nije bila predmet velikog broja hidrogeoloških istraživanja. Značajni podaci dobijeni su izvedenim hidrogeološkim i drugim istraživanjima na teritoriji Opštine Kozarska Dubica koja su nedavno rađena, kada su na nekoliko lokacija izvedena geofizička ispitivanja. Ova istraživanja su bila namenska, a za potrebe utvrđivanja potencijalnosti područja Kozarske Dubice sa aspekta zahvatanja kvalitetnih podzemnih voda.

### 3. Opšte geološke i hidrogeološke karakteristike terena

Istražno područje se nalazi na listu Kostajnica, OGK SFRJ 1:100 000. Teren se odlikuje složenom geološkom i tektonskom građom, sa više litoloških članova različite starosti i sastava. Geološka građa terena prikazana je na geološkoj karti (slika 2) i prognoznom geološkom profilu (slika 3).

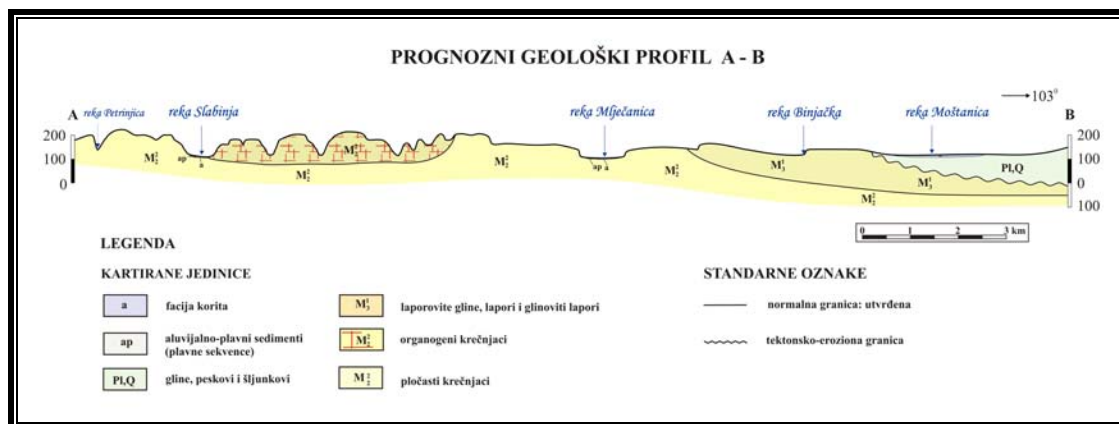


*Slika 2. Geološka karta područja istraživanja*

Najstarije stenske mase, koje i imaju malo rasprostranjenje na prikazanoj geološkoj karti, su **kredne starosti** i predstavljeni su različitim metamorfnim stenama. U sastav ovog debelog škriljavog kompleksa ulaze argilošisti i metapaščari (**Ar K<sub>2</sub><sup>3</sup>**), zatim gnajsevi, mikašisti, amfibolitski škriljci, liskunsko-karbonatni škriljci, mermeri.

Najveće rasprostranjenje na površini područja istraživanja imaju stene neogene starosti predstavljene laporovito-krečnjačko-glinovitim naslagama. U okviru neogena su izdvojeni sledeći litostratigrafski članovi: donji-sredni miocen, torton, sarmat, panon, pont i pliocen-kvartar.

**Donji-srednji miocen ( $2M_{1,2}$ )** je izgrađen od podinskih gruboklastičnih naslaga i zelenkastih glina sa ugljem i povlatnih laporaca i pločastih krečnjaka. **Torton ( $M_2^2$ )** je izgrađen od laporovitih glina, lapora i organogenih krečnjaka. **Gornji miocen ( $M_3$ )** na području istraživanja ima veliko rasprostranjenje i čine ga: **sarmat ( $M_3^1$ )** koji je predstavljen laporima, laporovitim glinama, glinovitim laporima, a ređe pešćarima i **panon ( $M_3^2$ )** koji je predstavljen pretežno peskovitim laporima i glinovitim peskovima. U okviru gornjeg miocena javljaju se i **beli lapori (Banatica slojevi) ( $2M_3^2$ )** koji su prema litološkim osobinama beli do sivi ili žućkasti vapnoviti lapori, a često se u laporima vide proslojci krečnjaka ili laporovitih krečnjaka.



*Slika 3. Geološki profil A-B*

**Pliokvartar (Pl, Q)** ima značajno rasprostranjenje oko reke Moštanice. U okviru pliokvartara se višestruko smenjuju pesak, šljunak i peskovite ilovače. Zapažena je cementacija nekih delova peskova i šljunkova, te su to pravi pešćari i konglomerati.

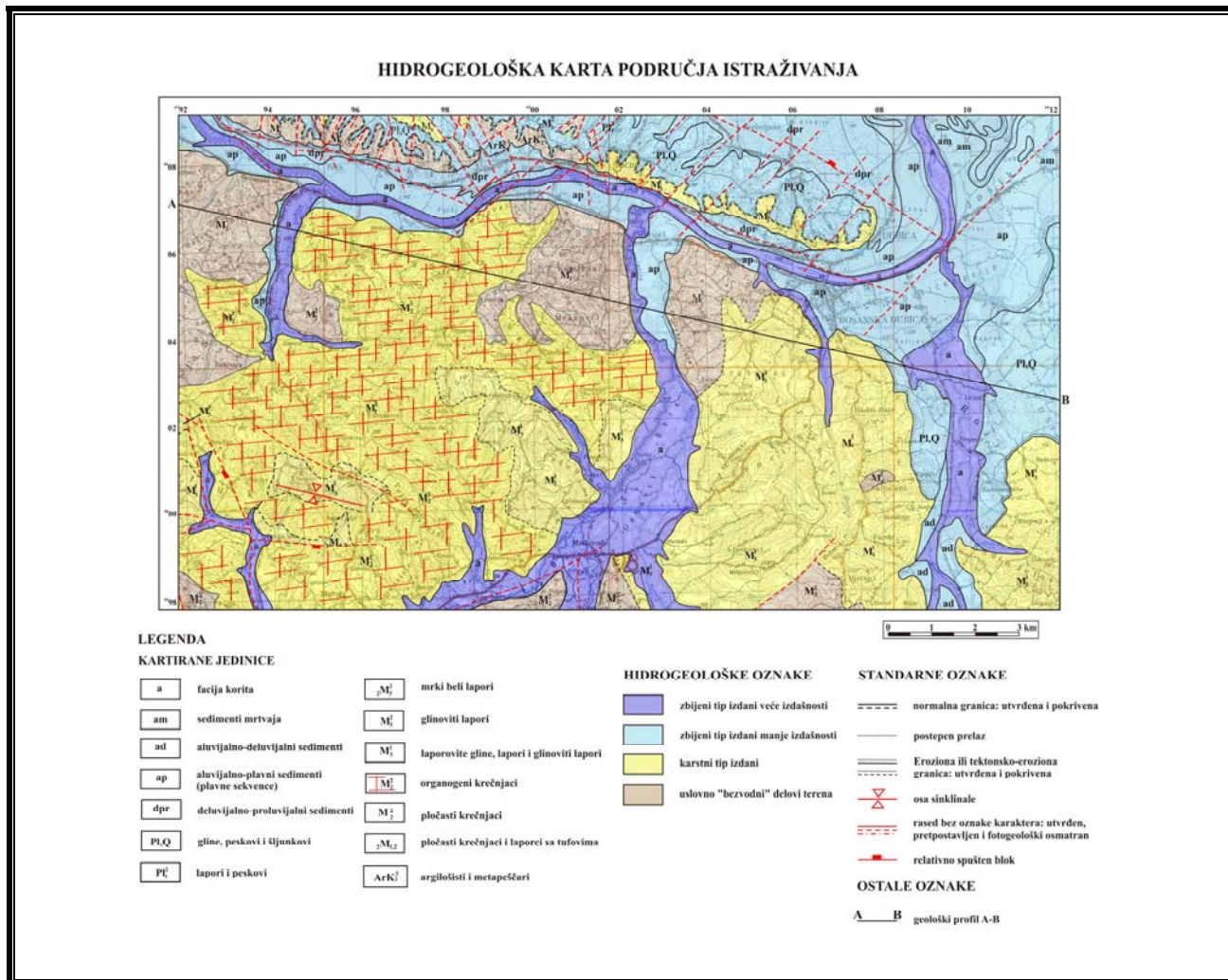
Najmlađi su sedimenti **kvartarne starosti** koji su predstavljeni glinovito-peskovito-šljunkovitim naslagama koje izgrađuju deluvijalno-proluvijalni kompleks (**dpr**), facija povodnja (sekvenca podzemnih voda) (**ap**), aluvijalno-deluvijalni sedimenti (**ad**), mrtvaje (**am**) i facija korita (**a**).

Na istražnom području zastupljeno je više tipova izdani čiji je prikaz dat na hidrogeološkoj karti (slika 4) i hidrogeološkom profilu (slika 5):

- Zbijeni tip izdani veće izdašnosti
- Zbijeni tip izdani manje izdašnosti
- Karstni tip izdani
- Uslovno "bezvodni" delovi terena

**Zbijeni tip izdani veće izdašnosti** formiran je u okviru kvartarnih aluvijalnih naslaga čije je rasprostranjenje vezano za dolinu reka Slabinje, Mlječanice, Moštanice i Une. Debljina ovih naslaga, koje se sastoje uglavnom od peskovito-šljunkovite komponente sa podređenim učešćem glinovite komponente, dostiže svega nekoliko metara. Prihranjivanje izdani vrši se na račun atmosferskih taloga i voda iz površinskih tokova. Dreniranje se vrši u površinske tokove pri manjem vodostaju, isparavanjem sa površine izdani, kao i preko manjeg broja kopanih bunara. Postoji verovatnoća da postoji direktna hidraulička povezanost karstne izdani sa navedenim vodotocima i zbijenim tipom izdani.

Zbog malog rasprostranjenja ove izdani u planu i profilu, u okviru ove izdani se ne mogu formirati veće količine podzemnih voda. Uslovi zaštite podzemnih voda su loši, te je i kvalitet voda nesiguran.

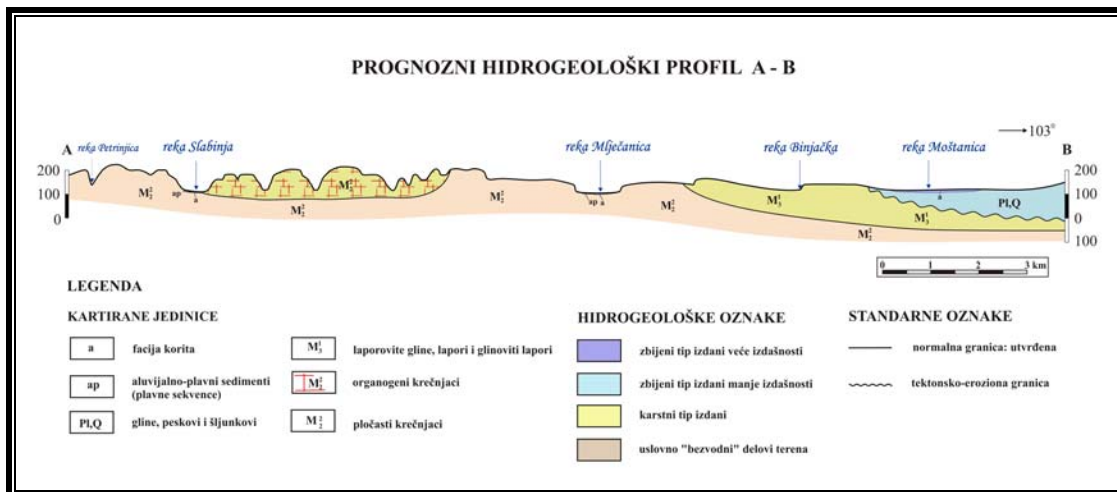


**Slika 5. Hidrogeološka karta područja istraživanja**

**Zbijeni tip izdani manje izdašnosti** formiran je u okviru kvartarnih naslaga koje sadrže veći procenat sitnijih frakcija peskova i glina, a koje se rasprostiru uglavnom u rečnim dolinama reka Slabinje, Mlječanice, Moštanice i Une. Ovaj tip izdani formiran je i u okviru pliokvartarnih naslaga koje su predstavljene smenjivanjem glina, peskova i šljunkova, a debljina im dostiže do 150 m. Debljina kvartarnih naslaga, koje se uglavnom sastoje od peskovito-glinovite komponente, dostiže svega nekoliko metara. Prihranjivanje izdani vrši se na račun atmosferskih taloga i voda iz površinskih tokova ako dolazi do plavljenja terena. Dreniranje se vrši isparavanjem sa površine izdani, oticajem u druge delove terena, a moguće je i bušenim bunarima. Zbog malog rasprostranjenja ove izdani u planu i profilu, u okviru ove izdani se ne mogu formirati veće količine podzemnih voda, a loši su i uslovi zaštite podzemnih voda ove izdani. Izdan u okviru pliokvartarnih peskova odlikuje se dobrim filtarcionim karakteristikama. U njima mogu biti formirane značajnije količine kvalitetnih voda.



**Karstni tip izdani** je formiran u okviru karstifikovanih karbonatnih naslaga miocenske starosti. Ove naslage imaju značajno rasprostranjenje na području istraživanja i moguća debljina karbonatnog kompleksa je oko 150 m. Prihranjivanje izdani se vrši infiltracijom padavina na delovima gde su krečnjaci otkriveni i proceđivanjem kroz zbijenu izdan. Prihranjivanje se može vršiti poniranjem površinskih tokova po dolasku na delove terena izgrađene od krečnjaka. U ovim stenama postoje dobri uslovi za akumuliranje određenih količina izdanskih voda. Pravci kretanja podzemnih voda su određeni tektonskim sklopom terena, a vode se u najvećem broju slučajeva kreću ka rečnim tokovima koji predstavljaju lokalne erozione bazine gde se obavlja njihovo isticanje. Dreniranje karstne izdani se odvija preko mnogobrojnih karstnih vrela i izvora koji su uglavnom povremeni i male izdašnosti.



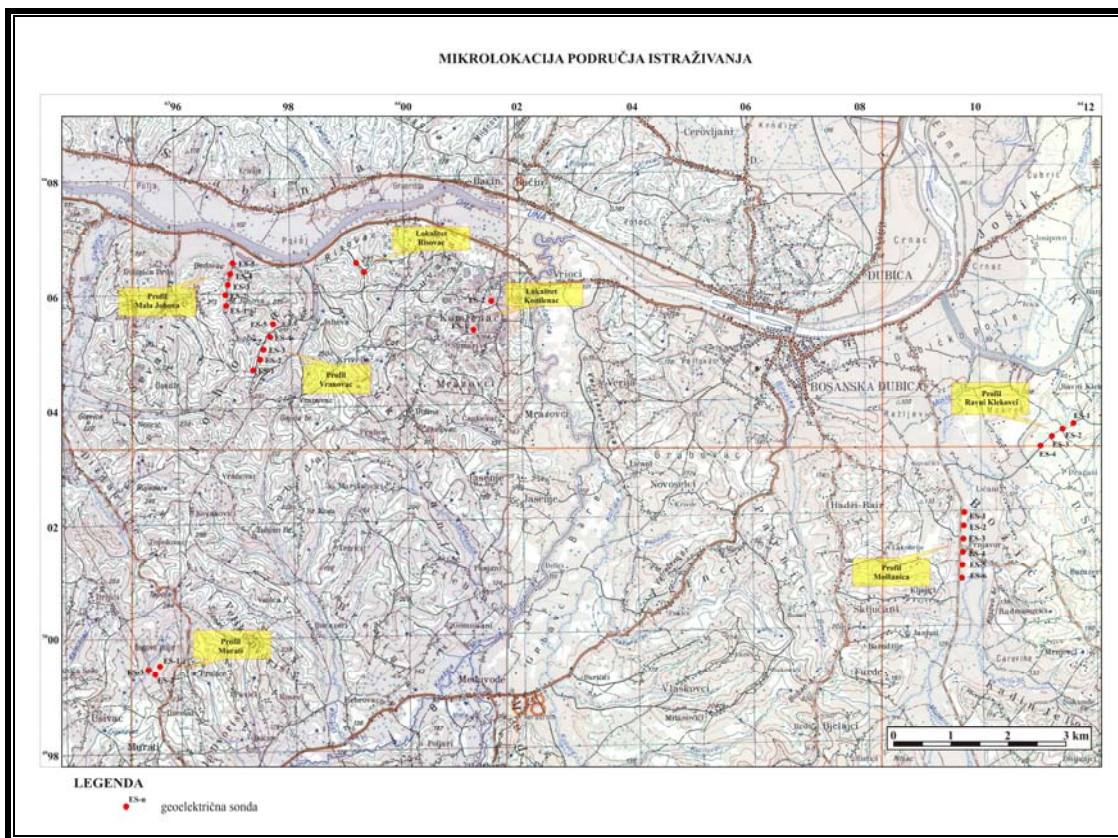
**Slika 5. Hidrogeološki profil A-B**

**Uslovno "bezvodni" delovi terena** čine argilošisti i metapeščari kredne starosti, kao i organogeni krečnjaci tortona, koji su uglavnom kompaktni, tako da je u njima veoma mala mogućnost akumuliranja značajnijih količina podzemnih voda. Ovi sedimenti nemaju veliko rasprostranjenje, ali mogu imati značaja sa aspekta zaštite podzemnih voda. Mogu da imaju ulogu bočne hidrogeološke barijere za karstni i zbijeni tip izdani.

#### 4. Izvedeni istražni radovi

##### *Geofizička ispitivanja*

U cilju dobijanja prvih saznanja o uslovima i mogućnostima za zahvatanje podzemnih voda na teritoriji Kozarske Dubice, izvedeni su geofizički istražni radovi primenom metode specifične električne otpornosti u varijanti geoelektričnog sondiranja. Sondiranje je izvedeno sa 25 sondi sa  $AB/2=250$  m, čime je postignut odgovarajući dubinski zahvat radi utvrđivanja litoloških promena u profilu do dubine od oko 250 m. Geoelektrično sondiranje je izvedeno na 5 lokacija: po 5 geoelektričnih sondi na lokacijama Mala Johova i Vranovac, 6 geoelektričnih sondi na lokaciji Moštanica (Božići), 4 geoelektrične sonde na lokaciji Ravni Klekovci, 3 geoelektrične sonde na lokaciji Murati i 2 geoelektrične sonde na lokaciji brda Risovac, kako je to prikazano na slici 6.



***Slika 6. Pregledna karta lokaliteta sa izvedenim geoelektričnim sondama***

Prema izvedenim geofizičkim istraživanjima određena je najperspektivnija lokacija za izvođenje istražne bušotine, a to je lokacija Vranovac, slika 7.



***Slika 7. Lokacija Vranovac (foto M.Lazić, 2007.)  
Istražno bušenje i izrada istražno-eksploatacionog bunara IEBV-1/08***

Na lokalitetu Vranovac je izvedena istražna bušotina do dubine od 137 m. Na slici 8 je prikazana bušaća garnitura tipa WURTH B1-A i izvođenje istražne bušotine.



***Slika 8. Izvođenje istražne bušotine na lokalitetu Vranovac (foto M.Lazić, 2008.)***

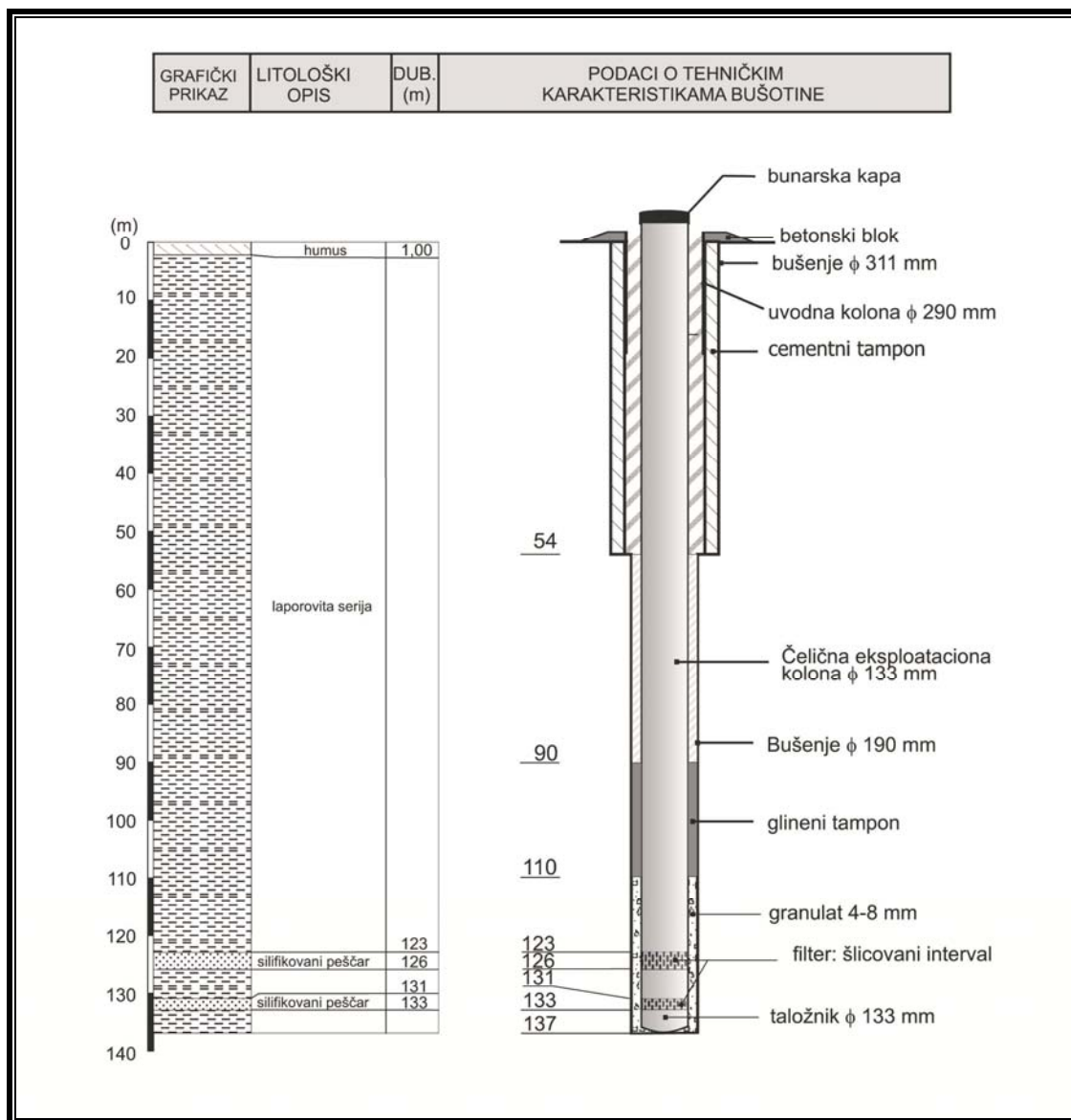
U intervalu od 0-54 m, bušenje je izvršeno dletom za udarno bušenje prečnika  $\varnothing$  190 mm, a nastavilo se klasičnom rotacionom metodom bušenja. Nakon dostizanja dubine od 54,00 m ušlo se u kavernu gde se uočilo znatno gubljenje isplake. Da bi se bušenje izvelo do projektovane dubine bilo je neophodno zaceviti taj interval i nastaviti sa daljom operacijom bušenja. Nakon toga pristupilo se proširenju istražne bušotine u intervalu od 0,00 – 54,00 m, konusnim rotirajućim dletom prečnika  $\varnothing$  311 mm, sa direktnom metodom bušenja. Bušenje je izvedeno direktnom metodom bušenja uz korišćenje glinene isplake. Po dostizanju projektovane dubine od 54,00 m, pristupilo se ugradnji obložne kolone prečnika  $\varnothing$  230 mm do krajnje dubine bušenja. Nakon ugradnje uvodne kolone nastavilo se sa daljom izradom bušotine do krajnje dubine od 137,00 m. Bušenje u intervalu od 54,00 – 137,00 m izvedeno je udarnom metodom sa prečnikom bušenja  $\varnothing$  190 mm.

Na osnovu podataka dobijenih uzimanjem uzoraka nabušenog materijala, doneta je odluka da se kaptiraju vodonosni slojevi u sledećim intervalima:

- 123,00 m – 126,00 m - ispucali silifikovani peščari;
- 131,00 m – 133,00 m - ispucali silifikovani peščari;

Na osnovu prethodno utvrđenih intervala pogodnih za kaptiranje, u bušotinu je u intervalu od +0,50-133,00 m ugrađena čelična bunarska konstrukcija prečnika  $\varnothing$  133 mm. U intervalima od 123-126 m i od 131-133 m je vodoprijemni deo bunarske konstrukcije (šlicovana

kolona). Na slici 9 je prikazan litološki profil i konstrukcija istražno-eksploatacionog bunara IEBV-1/08.



**Slika 9. Litološki profil i konstrukcija istražno-eksploatacionog bunara IEBV-1/08**

Kapacitet bunara određen je preko obrasca za zavisnost kapaciteta od depresije i u eksploataciji iznosi  $Q=1,5$  l/s za depresiju u bunaru od 4,13 m i dinamički nivo od oko 95,01 m. Shodno određenim karakteristikama izdani i izvedenom testu crpenja, kao i preliminarnih osmatranja tokom bušenja, može se nedvosmisleno zaključiti da eksploatacione količine mogu biti daleko veće od 1,5 l/s, i da one najverovatnije iznose oko 3 l/s.

Na slici 10 je dat prikaz izvedenog istražno-eksploatacionog bunara IEBV-1/08 na lokalitetu Vranovac.



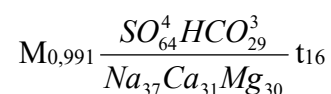
*Slika 10. Izvedeni istražno-eksploatacioni bunar IEBV-1/08 na lokalitetu Vranovac (foto M.Lazić, 2008.)*

## 5. Kvalitet mineralnih voda

Prilikom istražnog bušenja na dubini od 126 m se pojavila voda koja je imala jak miris na H<sub>2</sub>S, što ukazuje da je voda mineralna sumporovita. Uzeti su uzorci vode i dati u Zavod za zaštitu zdravlja Banja Luka, radi utvrđivanja hemijskog sastava.

Dobijeni rezultati hemijskih analiza su preliminarni, ali su ipak prvi pokazatelji fizičko-hemijskih karakteristika i kvaliteta vode na lokalitetu Vranovac. U tabeli 1 je dat prikaz rezultata fizičko-hemijskih ispitivanja vode iz istražno-eksploatacionog bunara IEBV-1/08 koji su urađeni u Institutu za zaštitu zdravlja Republike Srpske u Banja Luci.

Na osnovu prvih hemijskih analiza može se zaključiti da je voda iz istražno-eksploatacionog bunara IEBV-1/08 na lokalitetu Vranovac sulfatno-hidrokarbonatna-natrijumsko-kalcijumsko-magnezijskog tipa, a preliminarna formula Kurlova je:



U osnovnom katjonskom sastavu dominiraju sulfatni joni u koncentraciji od 320 mg/l. Na drugom mestu po zastupljenosti su hidrokarbonatni joni čija je koncentracija 181,29 mg/l. Hloridni joni su zastupljeni u manjoj meri čija je koncentracija 26 mg/l.

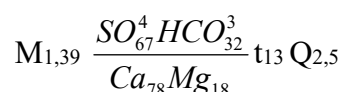
Kad je u pitanju osnovni anjonski sastav dominiraju joni natrijuma sa koncentracijom od 248,23 mg/l, zatim joni kalcijuma sa koncentracijom od 180,62 mg/l i joni magnezijuma sa koncentracijom od 107,44 mg/l. Najmanje su zastupljeni joni kalijuma sa koncentracijom od 19,55 mg/l.

*Tabela 1. Rezultati fizičko-hemijskih ispitivanja vode iz istražno-eksploatacionog bunara IEBVI/08 na lokalitetu Vranovac*

<b>Parametar (mg/l)</b>	<b>Utvrđena vrednost 12.09.2008.</b>	<b>Referentna vrednost vode za piće</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	16	Temperatura izvorišta ili niže
<b>Boja (°Co-Pt skale)</b>	20	≤ 5
<b>Miris</b>	na H <sub>2</sub> S	Bez
<b>Ukus</b>	-	Bez
<b>Mutnoća (NTU)</b>	295	≤ 1
<b>pH</b>	7,64	6,8-8,5
<b>Utrošak KMnO<sub>4</sub></b>	10,7	≤ 8
<b>Amonijak</b>	0,0	≤ 0,1
<b>Rezidualni hlor</b>	0,0	≤ 0,5
<b>Hloridi (Cl<sup>-</sup>)</b>	26	≤ 200
<b>Nitriti (NO<sub>2</sub>)</b>	0,0	≤ 0,03
<b>Nitrati (NO<sub>3</sub>)</b>	0,0	≤ 50
<b>Sulfati (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	320	≤ 250
<b>Fosfati (P)</b>	0,06	-
<b>Ostatak posle isparenja na 105 °C</b>	991	-
<b>Električna provodljivost na 20 °C (µS/cm)</b>	2160	≤ 1000
<b>Alkalitet kao CaCO<sub>3</sub></b>	450	-
<b>Ukupna tvrdoća, kao CaCO<sub>3</sub></b>	887,5	-
<b>Ugljen-dioksid - slobodan (CO<sub>2</sub>)</b>	0,8	-
<b>Ugljen-dioksid – vezan (CO<sub>2</sub>)</b>	198	-
<b>Kalcijum (Ca<sup>2+</sup>)</b>	180,62	≤ 200
<b>Magnezjum (Mg<sup>2+</sup>)</b>	107,44	≤ 50
<b>Gvožđe (Fe<sup>3+</sup>)</b>	0,160	≤ 0,3
<b>Mangan (Mn)</b>	0,018	≤ 0,05
<b>Natrijum (Na<sup>+</sup>)</b>	248,23	≤ 150
<b>Kalijum (K<sup>+</sup>)</b>	19,55	≤ 12
<b>Aluminijum (Al)</b>	<0,02	≤ 0,2
<b>Olovo (Pb)</b>	<0,005	≤ 0,01
<b>Bakar (Cu)</b>	<0,005	≤ 2
<b>Cink (Zn)</b>	0,014	≤ 3
<b>Nikal (Ni)</b>	0,005	≤ 0,02
<b>Hrom (Cr) ukupni</b>	0,005	≤ 0,05
<b>Selen (Se)</b>	<0,005	≤ 0,01
<b>Živa (Hg)</b>	<0,001	≤ 0,001
<b>Arsen (As)</b>	<0,005	≤ 0,01

Kad su u pitanju fizičke karakteristike ove vode izmerena vrednost temperature je 16 °C. pH vrednost je 7,64. Mutnoća je 295 NTU što je govori da je voda mutna, verovatno zbog lošeg uzorkovanja. Voda ima jak miris na H<sub>2</sub>S, što ukazuje da je sumporovita. Ukupna mineralizacija ispitivanih voda nije određena kao zbir svih rastvorenih čvrstih materija, već kao ostatak isparenja na 105 °C i vrednost suvog ostatka je 991 mg/l. Međutim, mineralizacija vode je zbir svih rastvorenih anjona i katjona, čija je vrednost veća od 1000 mg/l pa ako se uzme u obzir i prisustvo H<sub>2</sub>S radi se o mineralnim vodama.

Ova voda iz istražno-eksploatacionog bunara IEBV-1/08 sa lokaliteta Vranovac se može uporediti sa vodom iz Banje Mlječanica jer se po hemijskom sastavu zapaža velika sličnost između ovih voda. Po Katalogu o ležištima i pojavama mineralnih i termalnih voda SFR Jugoslavije koji je izdao Savezni geološki zavod 1983. godine se potvrđuje nalazište mineralne vode na području Kozarske Dubice čija je formula Kurlova:



Prema ovoj formuli Kurlova voda iz Banje Mlječanica je sulfatno-hidrokarbonatno-kalcijumsko-magnezijumskog tipa, miris joj je na H<sub>2</sub>S, što ukazuje na veliku sličnost sa novom pojavom vode na lokalitetu Vranovac.

## 6. Zaključak

Na osnovu dosadašnjih geofizičkih ispitivanja i istražnog bušenja na području Kozarske Dubice, odnosno na lokalitetu Vranovac izveden je istražno-eksploatacioni bunar IEBV-1/08. Ovim bunarom kaptirani su vodonosni slojevi u intervalima od 123-126 m i 131-133 m izgrađeni od ispucalih silifikovanih peščara. Kapacitet bunara je 1,5-3 l/s. Preliminarne hemijske analize ukazuju da se radi o sulfatno-hidrokarbonatno-natrijumsko-kalcijumsko-magnezijumskom tipu voda. Daljim balneološkim istraživanjima će se utvrditi mogućnost iskorišćavanja ovih voda u određene svrhe.

## Literatura

1. Jovanović Č. i dr., 1984: OGK 1:100 000 list Kostajnica, SGZ, Beograd
2. Lazić M., 2007: Projekat detaljnih hidrogeoloških istraživanja za potrebe višenamenskog iskorišćavanja podzemnih voda na području Kozarske Dubice, Fond Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd
3. Sabelnik B., 2008: Izveštaj o izvedenim hidrogeološkim radovima na izradi istražno-eksploatacionog bunara IEBV-1/08 u Kozarskoj Dubici, Fond Geoinvest d.o.o., Prnjavor
4. Grupa autora, 1983: Katalog ležišta i pojava mineralnih i termalnih voda SFR Jugoslavije, Savezni geološki zavod, Beograd.

# USLOVI I MOGUĆNOSTI VODOSNABDEVANJA PRNJAVORA (REPUBLIKA SRPSKA) PODZEMNIM VODAMA

M. Lazić<sup>22</sup>, Ž. Ćirić<sup>1</sup>, S.Sorajić<sup>1</sup>

## Abstrakt

### Uvod

Na samom početku dvadeset i prvog veka veliki broj Mesnih zajednica Opštine Prnjavor (Republika Srpska), pa i sam grad, nemaju rešen problem vodosnabdevanja pijaćom vodom. U tu svrhu u poslednjih 10-ak godina izveden je znatan obim geoloških i hidrogeoloških istraživanja, kako bi se obezbedile dovoljne količine podzemnih voda za rešavanje postojećeg problema.

### Cilj rada

Rešavanje problema vodosnabdevanja Prnjavora kvalitetnim podzemnim vodama, kao i postupnost u istraživačkom radu čini suštinu ovog rada. U radu će detaljno biti prikazane polazne osnove za izvođenje istraživanja kao i rezultati dobijeni nakon završetka istih. Na kraju rada će se dati rezultati dobijeni dosadašnjim istraživanjima kao i ocena mogućnosti korišćenja podzemnih voda sa fizičko-hemijskim karakteristikama i kvantitativnom ocenom resursa.

### Metode

Za postizanje gore navedenog cilja bilo je neophodno izvesti adekvatna geološka i hidrogeološka istraživanja. U tu svrhu izvedena su obimna geofizička-geoelektrična istraživanja sa preko 70 sondi, kao i samo kartiranje terena sa određivanjem perspektivnih zona gde bi se mogle zahvatiti određene količine kvalitetnih podzemnih voda. Krunu svih istraživanja činilo je istražno bušenje gde su izrađena dva eksploatacion bunara čime su se na terenu dokazale pretpostavke i rezultati prethodnih indirektnih metoda utvrđivanja rasporeda litoloških članova po vertikali.

### Rezultati

Utvrđeno je prostranstvo izdani malomineralizovanih podzemnih voda, geneza, režim i rezerve kao i kvalitet podzemnih voda. Izradom dva bušena bunara dobijeno je 30-ak litara kvalitetne podzemne vode. Voda zahvaćena ovim objektima podvrgnuta je hemijskom i bakteriološkim ispitivanjima gde je utvrđen njen odličan kvalitet. Takođe utvrđene su i mogućnosti zahvatanja novih količina kvalitetnih podzemnih voda.

### Zaključak

Pravilnim naučno-istraživačkim pristupom rešavanju ovako kompleksnog problema kao što je vodosnabdevanje Prnjavora moguće je doći do željenog cilja, što je i prikazano u ovom radu. Uz uvažavanje principa ekonomičnosti i pravilnim gazdovanjem prirodnim resursom moguće je ovakve probleme rešiti za duži period.

**Ključne reči:** Hidrogeologija, vodosnabdevanje,

---

<sup>22</sup> Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, Đušina 7, Beograd



## 1. Uvod

U ovom radu u najkraćim crtama želimo da prikazemo obim i postupnost hidrogeoloških i geoloških istraživanja koja su izvedena u svrhu obezbeđenja neophodnih količina vode za potrebe vodosnabdevanja stanovništva i industrije na području opštine Prnjavor u Republici Srpskoj.

U živopisnom ambijentu ograničenom sa severne strane planinom Motajicom, a sa juga planinom Ljubić uz daleko poznate prirodne lepote krajolika, smešten je jedan od najlepših gradova u ovom delu Bosne, Prnjavor.

Na samom početku dvadeset i prvog veka veliki broj Mesnih zajednica Opštine Prnjavor (Republika Srpska), pa i sam grad, nemaju rešen problem vodosnabdevanja pijaćom vodom. U tu svrhu u poslednjih 10-ak godina izveden je znatan obim geoloških i hidrogeoloških istraživanja, kako bi se obezbedile dovoljne količine podzemnih voda za rešavanje postojećeg problema.

Područja koje je obuhvaćeno istraživanja se nalazi na oko 10 km udaljenosti severno od Prnjavora kao opštinskog centra kojem pripada, a u celosti na području Mesne zajednice Gornja Ilova (vidi sliku 1.) Površina zahvaćena terenskim istraživanjima iznosi oko 20 km<sup>2</sup>, i obuhvata levu dolinsku stranu izvorišnog područja reke Povelich i dolinu potoka Dabrak.



Slika 1. Geografski položaj područja istraživanja

Teren je, praktično, nenaseljen, obrastao šumom, a samo jedan manji deo se obrađuje u poljoprivredne svrhe. U poslednjih nekoliko godina obnovljena je mreža lokalnih puteva, što ovo područje čini relativno prohodnim. Pitoma okolina Povelicha predstavlja veliko bogatstvo zahvaljujući, pre svega, postojanju karstnog vrela koje je kaptirano za vodosnabdevanje oko tridesetak domaćinstava, koji koriste samo manji deo voda, dok daleko veće količine otiču. Pored toga, treba istaći značaj šumskog bogatstva, od kojeg stanovništvo ima značajne prihode.

## 2. Geološka građa istraživanog područja

Terenskim istraživanjima izvedenim u dva navrata tokom oktobra i novembra meseca 2000 godine konstatovano je da u geološkom smislu uža okolina vrela Povelich nije dovoljno istražena, odnosno utvrđeno je znatno odstupanje u geološkoj građi u odnosu na onu koja je prikazana na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ 1:100000, list Derventa.

Na osnovnoj karti, najverovatnije da je zbog razmere dat nejasan prikaz na površini otkrivenih sarmatskih krečnjaka. Doduše, isti su otkriveni samo u levom boku potoka, od vrela pa nizvodno u dužini od 500-600 m. Iz tih razloga je uzeto nekoliko uzoraka krečnjaka i izvršena paleontološka analiza istih, koja je potvrdila paleontološku pripadnost krečnjaka sarmatu, iako je na pomenutoj karti starost istih naznačena kao pliocenska.

Ova konstatacija je bila veoma važan momenat u utvrđivanju koncepcije hidrogeoloških istraživanja i realne procene perspektivnosti ovog lokaliteta za otvaranje izvorišta za vodosnabdevanje.

Zbog važnosti poznavanja geološke građe terena, naročito ispod erozionog bazisa, do dubine od 200-300 m, za koju se smatra da može biti od posebnog značaja za zahvatanje veoma kvalitetnih, takođe, veoma značajnih količina voda, izvršena su geoelektrična ispitivanja sa 15 sondi, čime su se potvrdile pretpostavke o postojanju kolektora podzemnih voda u okviru sarmatskih krečnjaka.

U rezultatu svega navedenog, može se zaključiti da u geološkoj građi terena (slika 2.) učestvuju sledeće litostratigrafske jedinice: sarmat ( $M_3^1$ ), meot ( $M_3^2$ ), Pliocen ( $Pl_1$ ), Terasa ( $t_1$ ), Soliflukcija (Sf), Facija povodnja (ap) i aluvijum (al).

### Sarmat ( $M_3^1$ )

Sarmatske naslage otkrivene su manjim delom u koritu potoka Povelich ispod kaptiranog vrela (slika 2.), i nizvodno oko 500-600 m. Po autorima OGK 1:100000 list Derventa predstavljen je poligenetskim kompleksom stena kao što su laporovite gline, gline, lapori, oolitski krečnjaci, peskovi, peščari i konglomerati. Cela serija ima debljinu do 200 m.

Najvažniji litološki članovi su svakako krečnjaci i peskovi koji su najčešće nosioci značajnih količina voda. Krečnjaci, a najverovatnije i cela sarmatska serija ima subhorizontalni karakter sa blagim padom prema jugoistoku od svega  $10^\circ$ . Ova konstatacija je potvrđena i geoelektričnim sondiranjem. Na velikom broju sondi konstatovano je relativno veliko vertikalno rasprostranjenje. Naime, zaležu od površine pa do 50-60 m.

Ispod sarmatskih krečnjaka leži debeo heterogeni paket lapora, laporaca, konglomerata i sličnih stena sa proslojcima peskova. Debljina ove serije se kreće od svega 25-30 m na sondi 1, pa do preko 100 m na sondi 13.

Interesantno je istaći konstataciju da je na sondama 35, 34, 33 konstatovano raslojavanje sarmatskih krečnjaka koji se nakon plićeg horizonta javljaju i na dubinama od 60-65 m, pa do 90-100 m. Prema sondi 42 naglo isklinjavaju za šta je najverovatnije uzrok tektonika terena.

### Meot (M<sub>3</sub><sup>2</sup>)

Meotska serija sedimenata izgrađuje najveći deo terena na obe dolinske strane reke Povelich. Predstavljena je raznovrsnim paketom pločastih lapora, peskovitih lapora i peskovitih glina i peščara. Procenjuje se da je cela serija debela oko 150 m, mada je erozija učinila da isti mogu biti i znatno tanji, naročito u dolinama Povelicha i Obalice. Sa hidrogeološkog aspekta meotska serija nema većeg značaja.

### Pliocen (Pl<sub>1</sub>)

Na širem području istraživanja pliocenski sedimenti imaju znatno rasprostranjenje (prilog 2). Sedimenti donjeg pliocena izgrađeni su od raznobojnih peskova, glina i rožnačkih šljunkova. Slojevitost ovih naslaga je slabo izražena, a retki padovi imaju subhorizontalan položaj.

Na području sela V. Ilove i Srđevica, šljunkovi po pravilu zauzimaju najviše delove terena i imaju različit granulometrijski sastav. Ovi sedimenti podložni su eroziji i denudaciji tako da nastali morfo oblici imaju specifičan izgled sa odsecima i do 10 m visine u dubikim vododerinama.

### Aluvijum (al)

Aluvijalne naslage na istražnom terenu su najmlađe i izgrađene, uglavnom, od peskovitih glina, glina i muljevitih glina. Debljina istih je mala i ne prelazi par metara. Sa hidrogeološkog aspekta nemaju većeg značaja. Rasprostranjenje ovih sedimenata dato je na geološkoj karti prilog 2.

### Terasa (t<sub>1</sub>)

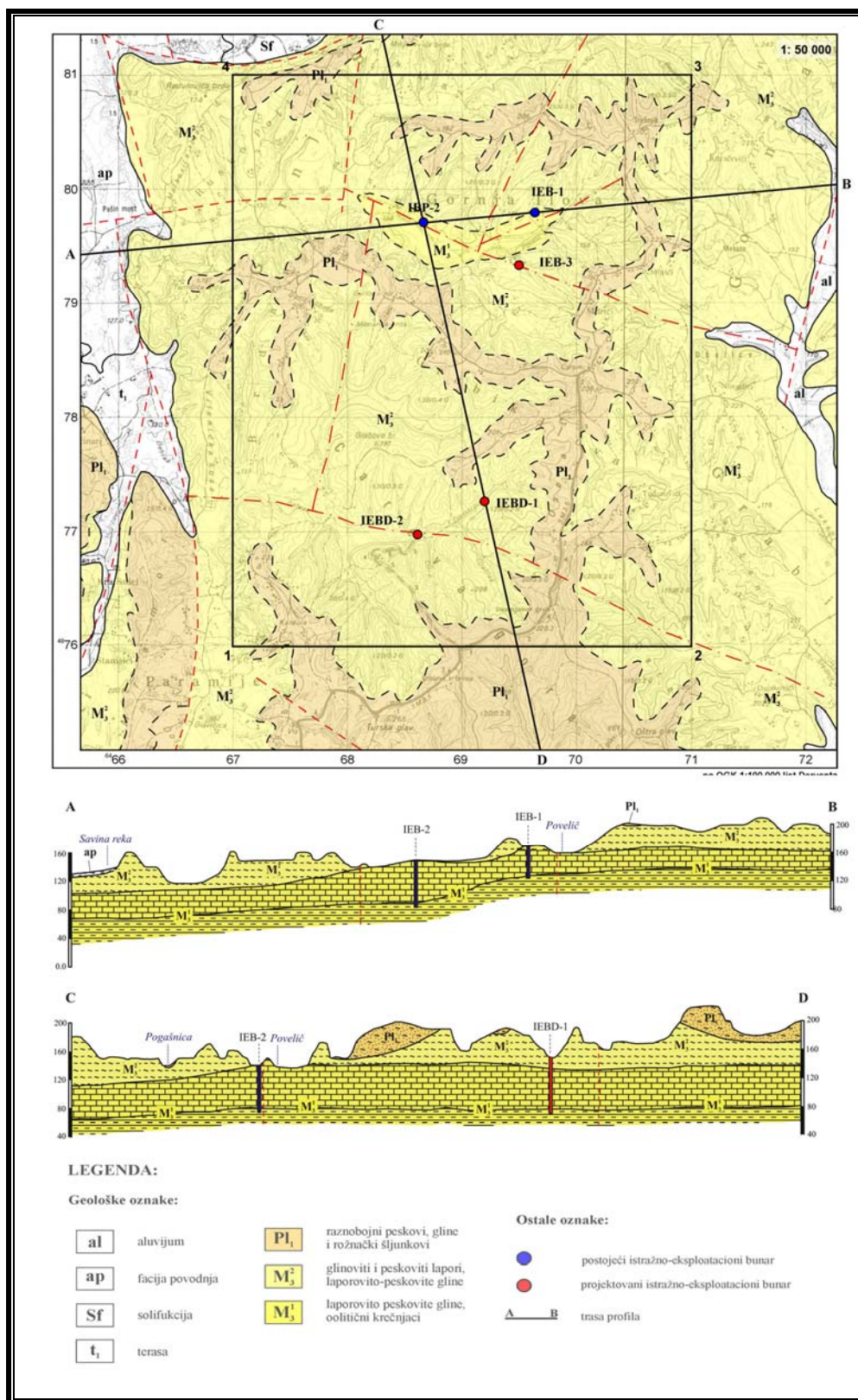
Terasni sedimenti zastupljeni na širem području istraživanja, zastupljeni su na dolinskim stranama Prosječke reke, Savine rjeke i Vrjeske. Ovi sedimenti izgrađeni su od nesortiranih šljunkova i peskova različitog litološkog sastava.

### Soliflukcija (Sf)

Ovi sedimenti imaju rasprostranjenje u dolini potoka Vrijeska. Delimično pineplezirani teren izgrađuje nakvašeno glinovito-muljeviti materijal koga karakteriše povremeno pomeranje i blagi stepeničasti odseci neznatnih visinskih razlika.

### Facija povodnja (ap)

Prate široke rečne doline reka Povelich i Prosječke reke. Ovi sedimenti nastali su kao rezultat obilnih vodenih padavina i postfaznog procesa izlivanja reke u depresione delove okolnog reljefa. Na glinovito-peskovitoj podlozi obrazuje se baruštinski tip sedimenata i stvara muljeviti materijal.



Slika 2. Geološka karta područja istraživanja 1:50 000

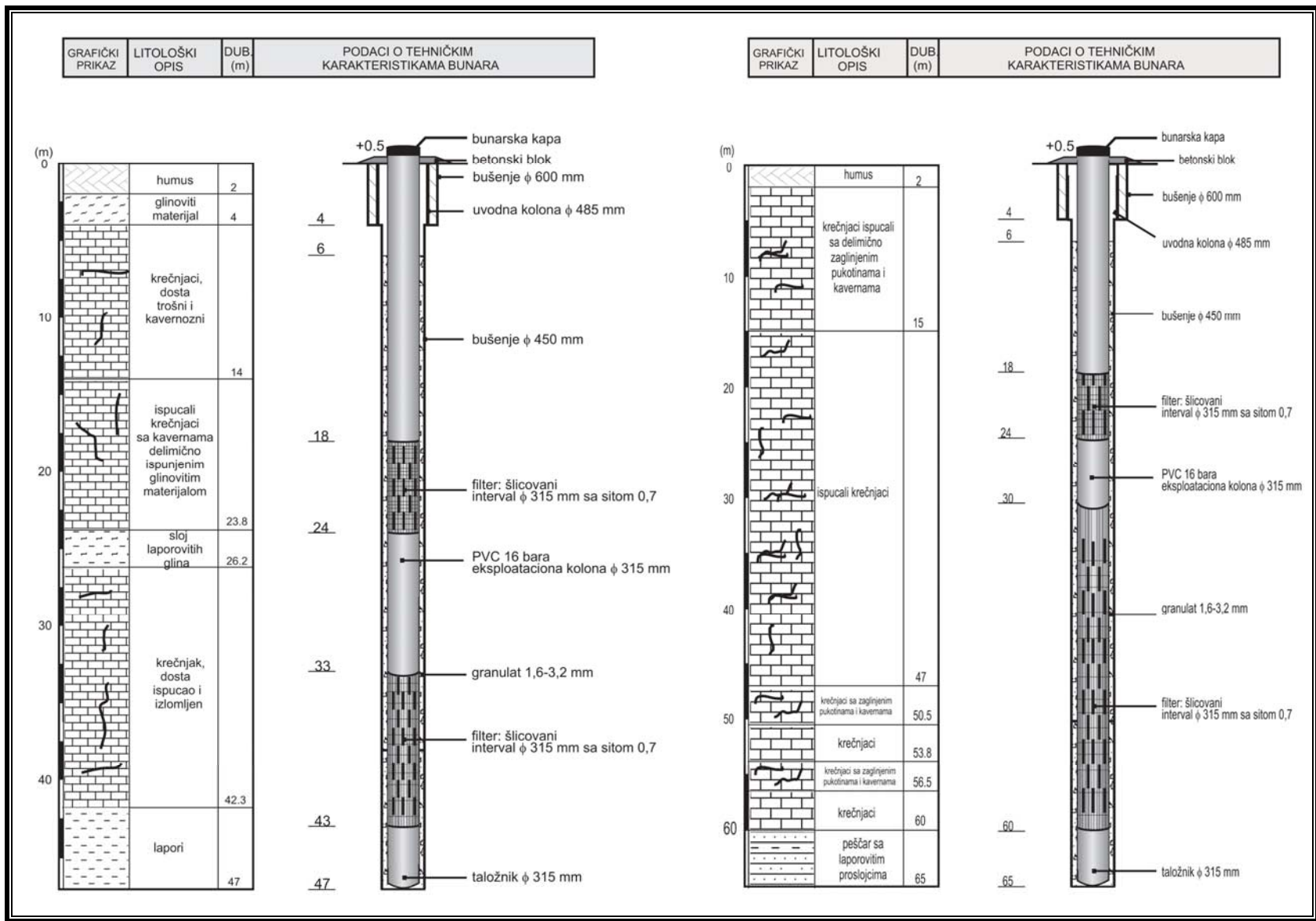
### **3. Hronologija izvođenja istražnih radova i rezultati dosadašnjih istraživanja**

Tokom 2000-te godine za potrebe izrade Projekta hidrogeoloških istraživanja za otvaranje izvorišta "Povelič" izvedena su terenska hidrogeološka istraživanja, odnosno hidrogeološko kartiranje terena i uzorkovanje voda za izradu hemijskih analiza. Zahvaćena površina detaljnim hidrogeološkim kartiranjem iznosi oko 5 km<sup>2</sup>.

Takođe iste godine u cilju utvrđivanja postojanja vodonosnih sredina i rasednih struktura sa značajnom cirkulacijom podzemnih voda izvedena su geoelektrična ispitivanja na lokalnosti Povelič. Izvedenim istraživanjima konstatovane su 4 litološke sredine i to:

- sredina 1 - aluvijalni nanos predstavljen šljunkovima, peskovima i glinama ukupne debljine do 6 m
- sredina 2 - krečnjaci, peščari, konglomerati ukupne debljine do 50 m
- sredina 3 - lapori, laporci, gline i peskovi debljine do 100-200 m
- sredina 4 - krečnjaci i peščari debljine 175, odnosno 270 m.

Nakon analize dobijenih rezultata doneta je odluka da se na lokalitetu Povelič izvedu dve istražne bušotine dubine do 120 m kako bi se zasigurno potvrdile pretpostavke i činjenice kojima se raspolagalo na osnovu prethodnih neposrednih istraživanja, u smislu postojanja i zaleganja kolektora podzemnih voda. Izradom istražnih bušotina definisani su intervali cirkulacije vode u okviru kaverni i pukotina u sarmatskim ispucalim krečnjacima. Odmah zatim donete su odluke o bušenju dva istražno-eksploataciona bunara IEB-1 do 47,00 m, odnosno IEB-2 do dubine od 65,00 m. Profili i konstrukcije ovih bunara dati su na slici 3.



Slika 3. Konstrukcijske karakteristike istražno-eksploatacionih bunara IEB-1 i IEB-2

Izradom bunara IEB-1 i IEB-2 dobijena je voda sa samoizlivom i to 5 l/s na IBP<sub>1</sub> i 1.5-2.0 l/s na IBP<sub>2</sub>. U cilju davanja preliminarne ocene o njihovim eksploatacionim mogućnostima, u više navrata izvedena su pojedinačna kratkotrajna crpenja iz svakog od njih, a nakon toga i dugotrajni test "grupe od 2 bunara".

Tehnički uslovi izvođenja ovih opita dati su u tabeli 1.

**Tabela 1.** *Tehnički uslovi izvođenja pojedinačnih opita probnog crpenja na istražno-eksploatacionim bunarima IEB-1 i IEB-2 u Poveliču.*

redni broj	bunar IEB-1			
	Q (l/s)	t (min)	s (m)	povratak nivoa t (s)
1	21.0	30	5.11	22
2	21.0	60	5.07	23
3	22.0	1400	5.50	
redni broj	bunar IEB-2			
	Q (l/s)	t (min)	s (m)	povratak nivoa t (s)
4	6.7	60	2.57	45
5	20.0	390	15.25	283
6	20.0	180	15.70	180
7	18.3	235	15.28	

Kao što se vidi iz tabele 1. sa veoma mala sniženjima odnosno depresijama, mogu se eksploatisati znatne količine vode.

Tokom 2008-e godine na izvorištu Poveliča nastavljena su istraživanja započeta tokom prethodnog perioda. Cilj istraživanja je bio da se okonturi ležište i zahvate maksimalne količine vode koje ova izdan može dati, a da se pri tome ne ugroze njena stabilnost i postojanost. U tu svrhu na širem području lokaliteta Povelič i Dabrak izvedena su nova geofizička ispitivanja sa oko 50 geofizičkih sondi. Analizom dobijenih rezultata utvrđeno je da na istraživanim lokalitetima postoji dobar potencijal izdani iz koje se mogu zahvatiti dodatne količine vode kojima bi se u potpunosti za naredne periode rešio problem vodosnabdevanja Prnjavora. Izradom dodatnih istražno-eksploatacionih bunara obezbedilo bi se još oko 40-ak litara kvalitetne vode za piće. Pomenuti objekti biće realizovani u nekom narednom periodu tako da se za sada može govoriti samo o potencijalnosti izdani koja je podvrgnuta procesu istraživanja.

#### 4. Hidrohemijske karakteristike voda sa izvorišta Povelič

Nakon izvedenog testa crpenja na bunarima IEB-1 i IEB-2 u Poveliču izvršeno je uzorkovanje voda za izradu kompletnih hemijskih analiza u cilju utvrđivanja kvalitativnih karakteristika istih za potrebe vodosnabdevanja Prnjavora sa bunara IEB-1 i IEB-2.

U tabeli 2. dat je prikaz osnovnog hemijskog sastava podzemnih voda zahvaćenih na bunarima IEB-1 i IEB-2.

**Tabela 2.** Rezultati detaljnih hemijskih podzemnih voda sa bunara IEB-1 i IEB-2 na izvorištu Povelich(IHTM-ITR,Beograd; Hidrohemijska laboratorija RGF, Beograd)

FIZIČKE I FIZIČKO-HEMIJSKE OSOBINE	Objekat	
	IEB-1	IEB-2
pH	7.8	7.65
Elektroprovodljivost	300	320
Utrošak KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	2.4	1.4
Suvi ostatak (mg/l)	210	235
Natrijum (Na <sup>-</sup> ) (mg/l)	7.5	8.6
Kalijum (K <sup>-</sup> ) (mg/l)	0.9	0.9
Kalcijum (Ca <sup>++</sup> ) (mg/l)	58.6	64.3
Magnezijum (Mg <sup>++</sup> )	8.6	7.8
Nitrati (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/l)	0.2	0.3
Hidrokarbonati (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	228	238
Hloridi (Cl <sup>-</sup> ) (mg/l)	5.2	5.4
Sulfati (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (mg/l)	7.1	8.6
Gvožđe (Fe) (mg/l)	0.04	0.12
Mangan (Mn) (mg/l)	0.006	0.006
Amonijak (NH <sub>3</sub> ) (mg/l)	<0.05	0.05
Nitriti (NO <sub>2</sub> ) (mg/l)	<0.005	<0.005
Bor (B) (mg/l)	<0.1	<0.1
Fluor (F) (mg/l)	<0.1	<0.1
Ugljen-dioksid (CO <sub>2</sub> )	11.5	11.0

Kompletne analize voda iz ova dva bunara pokazale su da se po svojim fizičkim i hemijskim karakteristikama ove vode veoma malo razlikuju u odnosu na vode vrela Povelich, što je i razumljivo.

Vode sa bunara IEB-1 su prozirne (mutnoća NTU - 1), bez boje sa pH od 7.8 i ukupne mineralizacije od 335 mg/l.

U hemijskom pogledu dominiraju joni hidrokarbonata (228 mg/l) i kalcijuma (58.6 mg/l), dok ostale komponente makro sastava nemaju značajnije učešće.

Takođe, ukupna alfa i beta radioaktivnost je daleko ispod dozvoljenih granica u vodama za piće koje propisuje Pravilnik o hemijskoj ispravnosti vode za piće (službeni list SRJ br. 42/98), a koncentracije eventualnih zagađivača, cijanida, deterdženata, ulja i masti, fenola i pesticida je ispod granica detekcije, odnosno voda ih ne sadrži.

Po svojim ukupnim karakteristikama voda sa bunara IEB-1 su malomineralizovane hidrokarbonatno-kalcijumske vode, balgo alkalne, srednje tvrdoće i po svojim fizičkim, hemijskim i radiološkim karakteristikama u svemu zadovoljavaju pomenuti Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće.

Vode sa bunara IEB-2 su, takođe, prozirne (mutnoća NTU - 1), bez boje, sa pH od 7.65 i ukupne mineralizacije od 355 mg/l.



U hemijskom pogledu dominiraju joni hidrokarbonata (238 mg/l) i kalcijuma (64.3 mg/l), dok ostale komponente makro sastava, kao i kod voda sa prethodnog bunara, nemaju značajnije učešće.

Mikro-sastav voda sa bunara IEB-2 pokazuje iste karakteristike kao i na bunaru IEB-1. Koncentracije većine elemenata su ispod granice detekcije, odnosno voda ih ne sadrži.

Takođe, ukupna alfa i beta radioaktivnost je daleko ispod dozvoljenih granica u vodama za piće koje propisuje Pravilnik o hemijskoj ispravnosti vode za piće (službeni list SRJ br. 42/98), a koncentracije eventualnih zagađivača, cijanida, deteryenata, ulja i masti, fenola i pesticida je ispod granica detekcije, odnosno voda ih ne sadrži.

Po svojim ukupnim karakteristikama voda sa bunara IEB-2 su malomineralizovane hidrokarbonatno-kalcijumske vode, balgo alkalne, srednje tvrdoće i po svojim fizičkim, hemijskim i radiološkim karakteristikama u svemu zadovoljavaju pomenuti Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće.

## **5. Zaključak**

Pravilnim naučno-istraživačkim pristupom rešavanju ovako kompleksnog problema kao što je vodosnabdevanje Prnjavora moguće je doći do željenog cilja, što je i prikazano u ovom radu. Uz uvažavanje principa ekonomičnosti i pravilnim gazdovanjem prirodnim resursom moguće je ovakve probleme rešiti za duži period.

Ovakvim pristupom i rešavanjem problema rešen je jedan veliki problem za lokalno stanovništvo ove Opštine. Kako je voda izvor života i resurs bez kog živi svet nebi postojao na ovoj planeti, umnogome ona predstavlja najplemenitiji dar prirode koji direktno utiče na zdravlje populacije. Ako se navedenim činjenicam doda i to da je voda obnovljiv resurs, posedovati ovakav kapacitet vode visokog kvaliteta, predstavlja pravo bogatstvo. Kao i sva druga bogatstva, i vodu je neophodno štititi i pravilno gazdovati sa njom, kako bi ona ostala i resurs budućih pokoljenja.

## LITERATURA:

1. Tumč za OGK 1:100 000 list Derventa, Sarajevo 1985; (Grupa autora)
2. Lazić M., Nikolić J., 2000: Projekat hidrogeloških istraživanja terena u selu Gornja Ilova (lokalitet Povelich) za potrebe otvaranja izvorišta za vodosnabdevanje naselja u SO Prnjavor – Republika Srpska, Fond RGF, Beograd
3. Lazić M, 2000: Izveštaj o rezultatima izrade istražnih bušotina IBP-1 i IBP-2 na lokalitetu Povelich-Gornja Ilova, opština Prnjavor u Republici Srpskoj, Fond RGF, Beograd
4. Lazić M., Nikolić J., 2000: Elaborat o izvedenim hidrogeološkim ispitivanjima na lokalitetu "Povelich" - Republika Srpska, Fond RGF, Beograd
5. Lazić M.2003; Projekta istražno-eksploatacionog bunara IEBP-3/2003 na lokalitetu Povelich SO Prnjavor-Republika Srpska, Fond RGF, Beograd

# PERSPEKTIVNOST ZAHVATANJA ALKALNIH VODA NA LOKALITETU "SMRDELJ" KOD BANJE KULAŠI (REPUBLIKA SRPSKA)

Milojko Lazić<sup>23</sup>, Milena Čavić<sup>24</sup>, Stanko Sorajić<sup>1</sup>

## Apstrakt

### Uvod

Sve veća potreba za kvalitetnim mineralnim vodama, dovela je do toga da se ovom problemu u Bosni i Hercegovini posveti znatno veća pažnja. Brojne pojave mineralnih voda navele su na razmatranje mogućnosti korištenja upravo tih voda. U okviru mnogobrojnih pojava koji se nalaze na području Bosne i Hercegovine, svojom specifičnošću i kvalitetom izdvaja se izvor "Smrdelj". U toku 2003. godine započeta su hidrogeloška istraživanja šire okoline izvora, za potrebe višenamenskog iskorištavanja podzemnih voda. Samo područje istraživanja nalazi se na oko 60 km od Banja Luke u Vijačanima kod Kulaša.

### Cilj rada

Cilj ovog rada svakako je određivanje potencijalnosti i perspektivnosti korištenja alkalnih voda izvora "Smrdelj". U cilju određivanja hidrogeoloških karakteristika istražnog terena kao prvi korak izvedena su geoelektrična sondiranja. Ukoliko se na osnovu hidrogeoloških istraživanja utvrdi mogućnost dobijanja većih količina alkalnih voda, moguće je očekivati i njihovu širu upotrebu.

### Metode

Nakon terenskih istraživanja i prikupljanja podataka o geološkoj građi terena, kao i njegovim hidrogeološkim karakteristikama procenjeno je da se dodatne količine alkalnih voda mogu uspešno rešiti zahvatanjem podzemnih voda iz neraščlanjenog kompleksa dijabaz-rožnačke formacije. Da bi se to potvrdilo potrebno je izvesti dodatna geoelektrična ispitivanja terena u zoni izvora "Smrdelj". Nakon izvedenih geoelektričnih istraživanja i obradom dobijenih rezultata odrediće se lokacija na kojoj će se izvesti istražna bušotina. Nakon dobijanja pozitivnih rezultata istražnim bušenjem pristupiće se izradi eksploatacionih bunara.

### Rezultati

Na osnovu hidrogeoloških uslova terena i rezultatima dobijenih geoelektričnim ispitivanja, dobijanje dodatnih količina alkalnih voda zasniva se na izradi eksploatacionog bunara, kome će predhoditi bušenje najmanje jedne istražne bušotine.

---

<sup>23</sup> Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, Đušina 7, Beograd

<sup>24</sup> Geofizika Zagreb

Takođe je utvrđeno da se pojava alkalnih voda na izvoru "Smrdelj", javlja u okviru neraščlanjenog kompleksa dijabaz-rožnačke formacije, odnosno, vezana je za partije mermerisanih krečnjaka. U ovoj litološkoj jedinici formira se pukotinski tip izdani.

Na osnovu postojećih hemijskih analiza utvrđeno je da se radi o natrijumsko-kalijumsko hidrokarbonatnim vodama, sa povišenim sadržajem vodonik sulfide i pH vrednosti čija vrednost iznosi 10,5. Izradom novih hemijskih analiza utvrdiće se fizičko-hemijska svojstva ove alkalne vode, pa će se tačno utvrditi u koje svrhe se može iskoristiti. Preliminarnom ocenom se može zaključiti da je perspektivnost ovih alkalnih voda iskorišćavanje u balneoterapeutske i sportsko-rekreacione svrhe.

## **Zaključak**

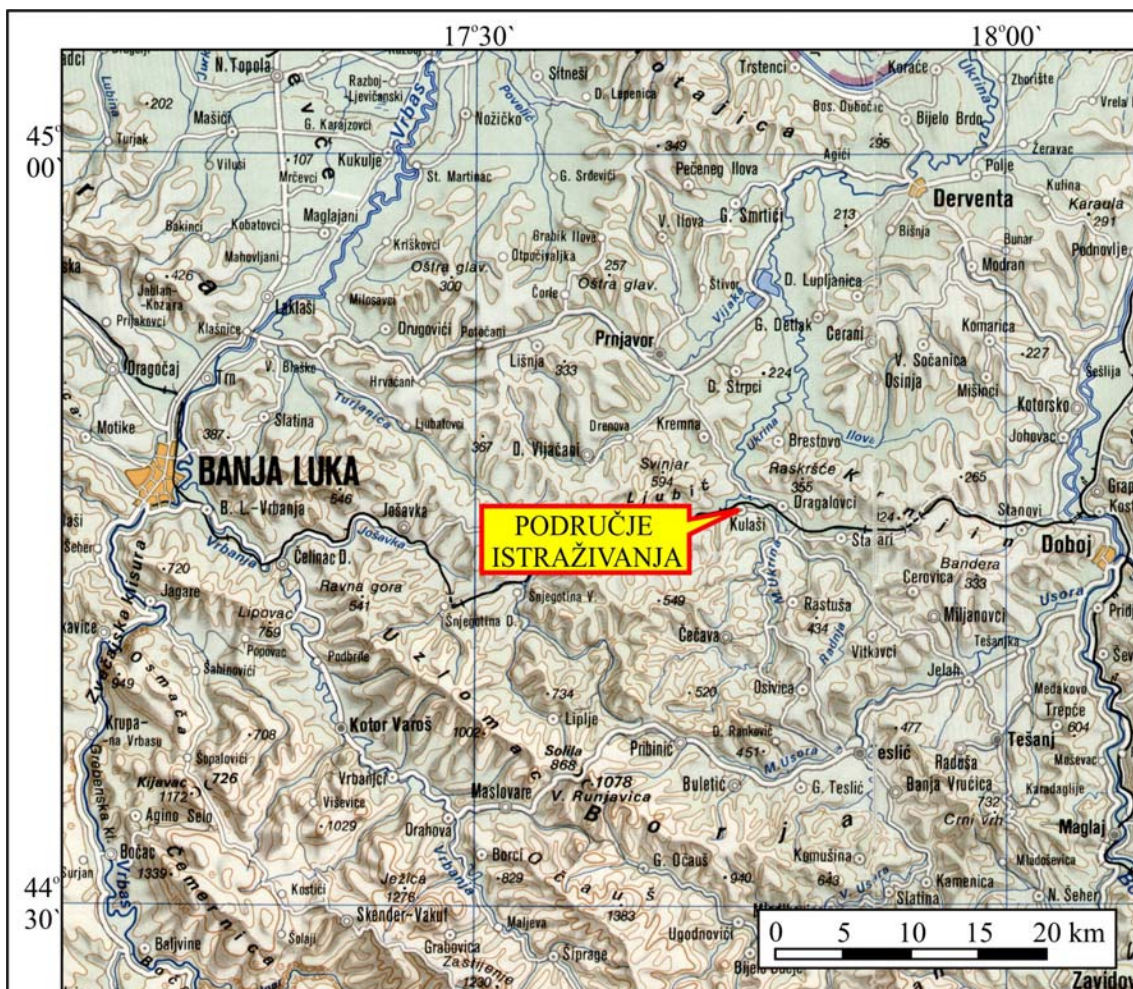
Na osnovu višegodišnjih istraživanja utvrđeno je da izvor "Smrdelj" ima veliku potencijalnost u pogledu korištenja alkalnih voda u balneoterapeutske, sportsko-rekreacione, ali i druge svrhe. Na osnovu daljih istraživanja koja su svakako neophodna dobila bi se jasna slika dodatnih mogućnosti korištenja alkalnih voda izvora "Smrdelj". Kada se uzme sve u obzir, korištenje alkalnih voda otvara nove mogućnosti razvoja opštine, kao i regiona u smislu izgradnje banjškog, sportsko-rekreacionog centra, našta se svakako treba obratiti pažnja.

**Ključne reči:** hidrogeologija, mineralna-alkalna voda, izvor, iskorišćavanje

## **1. Uvod**

Republika Srpska raspolaže velikim potencijalima u smislu iskorišćavanja mineralnih, termalnih i termomineralnih voda, kako u balneoterapeutke, tako i u sportsko – rekreativne svrhe. Nažalost, imamo mali broj pozitivnih primera korišćenja ovakvih voda u pomenute svrhe. Dosta prirodnih pojava mineralnih voda uopšte nije istraživano, niti su ispitane njihove kvalitativne i kvantitativne karakteristike. Takav primer predstavlja i izvor "Smrdelj" u Vijačanima kod Kulaša u severozapadnom delu Republike Srpske i pripada opštini Prnjavor.

Makrolokacija područja istraživanja, odnosno opštine Prnjavor, na čijoj teritoriji je izdvojen teren koji će biti predmet hidrogeoloških istraživanja, prikazana je na slici 1.



*Slika 1. Geografski položaj područja istraživanja  
1 : 500 000*

## 2. Opšte geološke i hidrogeološke karakteristike istražnog terena

Istražno područje se nalazi na listu Derventa OGK 1 : 100 000. Teren se odlikuje složenom geološkom i tektonskom građom, sa više litoloških članova različite starosti i sastava. Geološka građa terena prikazana je na geološkoj karti i prognosnim geološkim profilima (slike 2 i 3).

Najstarije stenske mase, koje imaju dominantno rasprostranjenje na područja istraživanja, jurske su starosti i predstavljene su različitim stenama dijabaz-rožne formacije.

Malo rasprostranjenje na površini terena imaju neogene naslage predstavljene gruboklastičnim tvorevinama.

Najmlađi su sedimenti kvartarne starosti koji su predstavljeni glinovito-peskovito-šljunkovitim naslagama koje izgrađuju rečne terase i aluvijalne naslage.

## JURA (J)

### MAGMATSKE I METAMORFNE STENE DIJABAZ-ROŽNAČKE FORMACIJE

U jurskoj dijabaz-rožnačkoj formaciji vrlo često se javljaju različite magmatske i metamorfne stene. Sve one e mogu svrstati u dve osnovne grupe stena: peridotit-amfibolsku asocijaciju i spilit-keratofirsko-dijabaz-doleritsko-gabro-granitsku asocijaciju. Na području istraživanja zastupljene su samo stene prve asocijacije.

Peridotiti i amfiboliti izgrađuju jedinstvenu celinu. Naime, te obe grupe stena su veoma rasprostranjene i imaju tipske metamorfne sklopove, a na retkim neporemećenim profilima u kontaktnim područjima zapaža se njihovo konkordantno međusobno proslojavanje.

**Peridotiti ( $\sigma$ )** su procentualno najzastupljenije magmatske stene ofiolitskog kompleksa. Na području istraživanja, peridotiti imaju velikom rasprostranjenje u njegovim južnim, jugoistočnim i severozapadnim delovima. Pored toga u okviru ove asocijacije javljaju se sasvim mala tela (najčešće serpentiniti) koji se kartografski često ne mogu prikazati.

**Serpentiniti (Se)** su pretežno izgrađeni od nekog serpentinitnog minerala, a kao sporedni sastojci dolaze karbonat, hlorit, talk, uralit, kvare, kalcedon, magnetit i limonit. U njima se redovno nailazi na krupnije pseudomorfoze bastita, odnosno hlorita po piroksenu, što dokazuje da su serpentiniti nastali uglavnom iz lertzolita. Serpentiniti imaju relativno ograničeno rasprostranjenje na području istraživanja, uglavnom u jugozapadnim delovima istražnog terena (slika 2).

**Amfiboliti (A)** se na površini terena javljaju u južnim i centralnim delovima područja istraživanja (slika 2). To su tektonski razbijena tela koja su izlomljena pri smeštaju i kasnijim procesima kretanja većih amfibolitskih masa koje su zajedno sa ultramafitima dovedene iz unutrašnjosti. U mineralni sastav amfibolita i amfibolitskih škriljaca ulaze amfibol, plagioklas, diopsid, granat, epidot-klinocoizit, hlorit i kvarc, a od akcesornih sastojaka nalaze se metalni minerali, sfen, apatit, rutil i cirkon. Najčešći su plagioklas i amfibol koji pokazuju prilična variranja u sastavu.

**Klinocoizitski amfiboliti (Akzt)** rasprostranjeni su u istočnim i centralnim delovima područja istraživanja, izgrađena je od zelene hornblende, plagioklasa (obično oligoklasa) i klinocoizit-epidota. Obično imaju granoblastičnu i lepidoblastičnu strukturu.

**Diopsidski amfiboliti (Agy)** i amfibolitski škriljci izdvojeni su u jugozapadnim delovima istražnog terena (slika 2). Izgrađuju ih zelena hornblenda, plagioklas (oligoklas do labradoritovnit) i diopsid. U strukturno-teksturnom pogledu ove stene se najčešće ne razlikuju od klinocoizitskih amfibolita i amfibolitskih škriljaca.

**Granat-diopsidski amfiboliti (Apygr)** u mineralnom sastavu razlikuju od prethodno opisanih stena. U svom sastavu sadrže almadinsko-piropski granat i poseduju masivnu teksturu. Veće zone ovih stijena izdvojene su u okolini izvora "Smrdelj", gde se sa njima mogu javiti metarsko-dekameterska tela eklogita.

Najveći broj izdvojenih amfibolitskih masa označen je kao nerasčlanjeni *amfibolit (A)*, odnosno amfibolitski škriljac jer se nisu mogli preciznije petrološki definisati. Na području istraživanja imaju ograničeno rasprostranjenje u južnim i delimično centralnim delovima istražnog terena.

Nerasčlanjeni kompleks dijabaz-rožnačka formacija (**DRF (J)**) ima veliko rasprostranjenje u centralnim delovima istražnog terena. Sa hidrogleoške tačke gledišta ima veoma veliki značaj, obzirom da su većina pojava prirodnog isticanja podzemnih voda na području istraživanja vezani za ove stene. Ovaj kompleks najviše sadrži psamite i alevrolito-psamite, ali se pored njih podređeno javljaju i psefiti. Procentualno manje su zastupljeni rožnaci i krečnjaci kao ređi litološki članovi.

Raščlanjen kompleks dijabaz-rožnačke formacije stvaran je u relativno mirnoj sredini bez velikih naknadnih poremećaja. Takve površine omogućile su izdvajanje određenih, litološki homogenih celina.

*Olistostromske breče* su veoma razvijene zone kilometarskih dužina i hektametarskih širina. Izgrađene su od fragmenata spilita, grauvaknih peščara, rožnaca i crvenih laporovitih glinaca. Podređeno u njihov sastav ulaze komadi dijabaza i dolomita, a veoma retko u njima se mogu naći komadi tanko-sivih mikritičnih krečnjaka. Fragmenti i komadi ovih breča uloženi su u sivi alevrolitski matriks. Procentualni odnos pojedinih fragmenata breča jako varira.

*Rožnaci, glinci i mermerisani krečnjaci* registrovani su u području toka Šnjegotine, oko zaseoka Gavranovići i na zapadnim padinama planine Čavka. Iako je teren izrazito pokriven ovi litološki članovi izdvojeni su na osnovu pojavljivanja kršja rožnaca i krečnjaka. Ovo područje se nalazi izvan istražnog terena, ali se pretpostavlja da ove stene imaju rasprostranjenje i u široj okolini izvora "Smrdelj". Ovo se naročito odnosi na partije mermerisanog krečnjaka, za koje su najverovatnije vezane većina pojava prirodnih isticanja podzemnih voda, pa i sam izvor "Smrdelj".

## **TERCIJAR (Tc)**

### **Neogen (Ng)**

Serijski *burdigal - helvet (M<sub>1,2</sub>)* ima malo rasprostranjenje na SZ delu područja istraživanja na desnoj dolinskoj strani Velike Ukrine. Ovi sedimenti praktično se nalaze na obodu prnjavorskog neogenog basena. Predstavljani su slatkovodno-jezerskim naslagama koje su razvijene u faciji gruboklastičnih sedimenata, te u faciji limničkih lapora i glina.

U sastav serije ulaze krečnjaci, lapori, breče (gde pojedini blokovi imaju i 4 m u promeru) i konglomerati.

**Kvartarni sedimenti (Q)** su rasprostranjeni u dolini reke Velika Ukrina. Uglavnom su zastupljeni sedimenti fluvijalne sekvence, dok je padinska sekvence podređena.

**Rečna terasa (t<sub>1</sub>)** je izgrađena od nesortiranog šljunka i peska različitog litološkog sastava. Obzirom na malu debljinu i relativno ograničeno rasprostranjenje, ovi sedimentni nemaju veliki značaj u hidrogeološkom smislu.

**Facija korita-aluvijum (al)** sastoje se od peskovito - šljunkovito - muljevitog materijala koji je deponovan u većim količinama samo na mestima nagle promene smera kretanja vodenog toka i u većim dolinskim proširenjima.

### **Tektonske karakteristike terena**

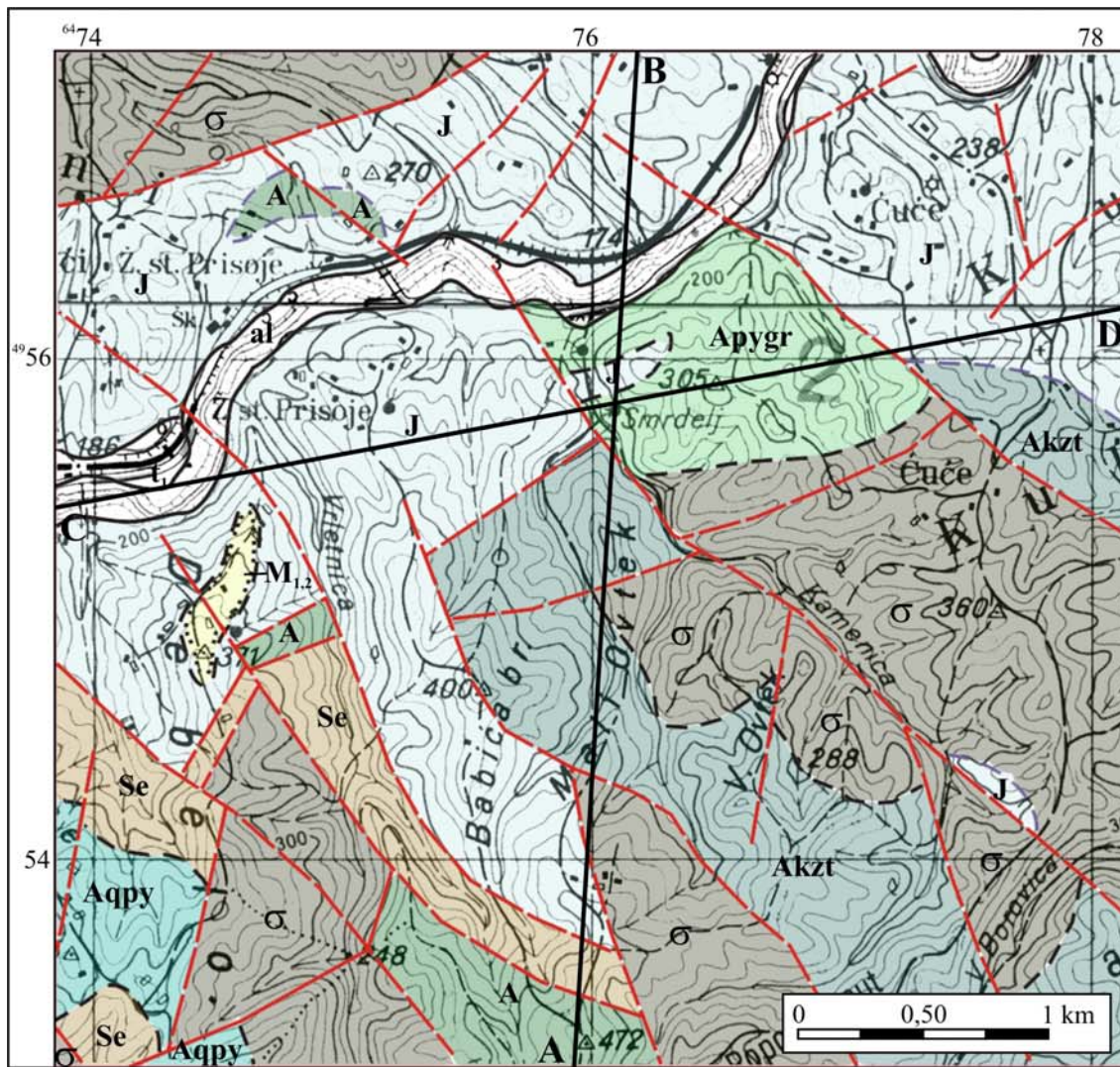
Područje istraživanja u tektonskom smislu deo je jedne veće strukturno - facijalne jedinice, a to je unutrašnja ofiolitska zona.

Ovu strukturno-facijalnu jedinicu karakteriše manja tektonska ubranost i haotičnost tvorevina dijabaz-rožnačke formacije.

U orografskom pogledu izgrađuju je brdoviti tereni Ljubića, Krnina, istočnih padina Čavke i Rastuša. Pored već opisanih litoloških članova dijabaz-rožnačke formacije u sastav ove jedinice ulaze sedimenti kampsilskog podkata anizika, donje i srednje jure i ofioliti (peridotiti, serpentiniti, amfiboliti, dijabazi, spiliti, gabrovi, keratofiri, gnajsevi, graniti i lisveniti) sa karakterom olistolitskih blokova.

U okviru ove strukturno-facijalne jedinice mogu se izdvojiti manje jedinice na kojima se nalazi područje istraživanja a to su: strukturna jedinica Ljubić i strukturna jedinica Čavka – Rastuša.





KARTIRANE JEDINICE:

al	aluvijum
t <sub>1</sub>	rečna terasa
M <sub>1,2</sub>	gruboklastične tvorevine
J	djabaz-rožnačka formacija
σ	peridotiti
Se	serpentiniti
A	amfiboliti i amfibolski škriljci
Akzt	klinocoizit-amfiboliti
Aqpy	diopsidski amfiboliti
Apygr	granat-diopsidski amfiboliti

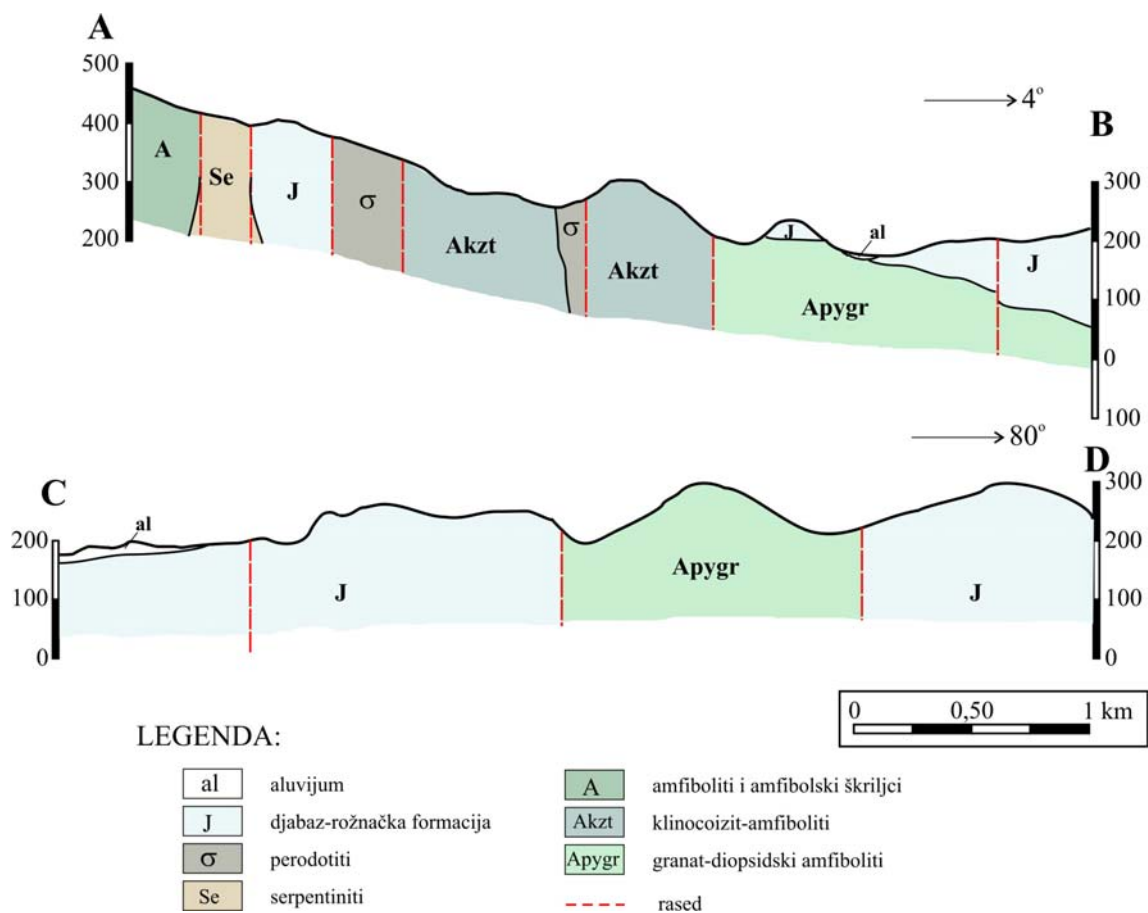
STANDARDNE OZNAKE:

	normalna geološka granica: utvrđena i pokrivena
	granica olistolita i olistostroma
	rased

OSTALE OZNAKE:

A—B trasa profila

Slika 2. Geološka karta šire okoline područja istraživanja



**Slika 3. Prognozni geološki profili A-B i C-D  
(na osnovu OGK 1:100 000, list Derventa)**

### **Hidrogeološke karakteristike terena sa prikazom zastupljenih tipova izdani**

Za prikazivanje hidrogeoloških karakteristika terena na području istraživanja, neophodno je bilo najpre prikupiti i analizirati rezultate ranijih geoloških i hidrogeoloških istraživanja u bližoj i široj okolini, opisati kartirane jedinice kao i dati njihov prostorni položaj u tom terenu.

S obzirom na raznolikost prisutnih stenskih masa u pogledu litološkog sastava, strukturnog tipa poroznosti i dr., na istražnom terenu je izdvojeno više tipova izdani.

Kao što je već rečeno, najstarije stenske mase su jurske starosti, predstavljene raznolikim stenskim kompleksima. Tu su pre svega magmatske i metamorfne stene djabaz-rožnačke formacije, u okviru kojih je formiran pukotinski tip izdani manje izdašnosti, osim u serpentinitima koji su svrstani u uslovno "bezvodne" delove terena.

U nerašlanjenom kompleksu stena djabaz-rožnačke formacije, pre svega u mermerisanim krečnjačkim partijama u okviru istog, formiran je pukotinski tip izdani veće izdašnosti.

Sedimenti burdigal-helveta izgrađeni od gruboklastičnih tvorevina svrstani su uslovno "bezvodne" delove terena.

U okviru kvartarnih sedimenata (aluvijuma i rečne terase) formiran je zbijeni tip izdani.

Na osnovu svih do sada iznetih činjenica, tipa poroznosti i filtracionih karakteristika stenskih masa na istražnom području, izdvojeni su sledeći tipovi izdani:

- zbijeni tip izdani u okviru terasnih i aluvijalnih naslaga
- pukotinski tip izdani manje izdašnosti u okviru magmatskih i metamorfnih stena dijabaz-rožnačke formacije
- pukotinski tip izdani veće izdašnosti u okviru neraščlanjenih stena dijabaz-rožnačke formacije
- uslovno "bezvodni" delovi terena u okviru serpentinita i sedimenata burdigal-helveta

### **Zbijeni tip izdani**

Zbijeni tip izdani formiran je u okviru terasnih i aluvijalnih naslaga koje se rasprostiru uglavnom u centralnim delovima istražnog terena. Kao što je već istaknuto, rasprostranjenje ovih naslaga vezano je za dolinu reke Velika Ukrina.

Debljina ovih naslaga, koje se sastoje uglavnom od peskovito - šljunkovite komponente sa podređenim učešćem glinovite komponente, dostiže svega nekoliko metara.

Prihranjivanje izdani u okviru pomenutih naslaga vrši se uglavnom na račun atmosferskih taloga i voda iz površinskih tokova. Dreniranje se vrši u površinske tokove za vreme manjeg vodostaja, isparavanjem sa površine izdani, kao i preko manjeg broja kopanih bunara.

Izdan u okviru ovih naslaga odlikuje se dosta dobrim filtracionim karakteristikama, obzirom na veliko učešće krupnozrne komponente. Ipak, zbog malog rasprostranjenja u planu i profilu, u okviru ove izdani ne mogu biti formirane veće količine podzemnih voda. Još jedan od problema predstavlja i veoma loši, skoro nikakvi uslovi zaštite podzemnih voda ovog tipa izdani, tako da je njihov kvalitet veoma loš.

Zbog svog malog rasprostranjenja, pre svega u profilu, malih količina akumuliranih voda, kao i veoma loših uslova zaštite, vode ovog tipa izdani nisu interesantne za problematiku koja se razmatra ovim radom.

### **Pukotinski tip izdani manje izdašnosti**

Ova izdan je formirana u okviru magmatskih i metamorfnih stena dijabaz-rožnačke formacije. Tu se pre svega misli na amfibolite, amfibolske škriljce i peridotite koji imaju značajno rasprostranjenje na istražnom terenu.

Zahvaljujući intezivnoj tektonskoj aktivnosti koja se odigrala u prošlosti na ovom području, u okviru pomenutih stena javljaju se manji sistemi pukotina u okviru kojih je formirana pukotinska izdan manje izdašnosti.

Prihranjivanje ove izdani vrši se poniranjem atmosferskih taloga, a delimično i vodama iz površinskih tokova.

Dreniranje izdani vrši se uglavnom preko izvora male izdašnosti ( $<0,1$  l/s) koji su uglavnom vezani za rasedne zone.

Bez obzira na to što ova izdan do sada nije detaljnije proučavana, može se konstatovati da vode ove izdani nemaju značajniji uticaj na hidrogeloške karakteristike šire okoline područja istraživanja. Obzirom da se sa dubinom smanjuje ispucalost, ovaj kompleks stena se u izvesom smislu može posmatrati i kao bočna barijera za pukotinsku izdan veće izdašnosti u okviru neraščlanjenog kompleksa dijabaz-rožnačke formacije. Dokaz za to je i izvor "Smrdelj" koji se nalazi na kontaktu pomenutog neraščlanjenog kompleksa stena i granat-diopsodskih amfibolita.

### **Pukotinski tip izdani veće izdašnosti**

Pukotinski tip izdani veće izdašnosti formiran u okviru neraščlanjenog kompleksa dijabaz-rožnačke formacije nainteresantniji je sa gledišta teme koju tretira ovaj rad, obzirom da je izvor "Smrdelj" vezan za ovu izdan. Prema dosadašnjim saznanjima, najveći deo podzemnih voda koje se formiraju u ovom kompleksu stena, vezan je za partije mermerisanih krečnjaka u okviru kompleksa.

Prihranjivanje izdani vrši se uglavnom na račun atmosferskih taloga, s obzirom da stene neraščlanjenog kompleksa imaju veliko rasprostranjenje na površini terena. Pored toga, manjim delom prihranjivanje se vrši iz površinskih tokova i podzemnim doticajem iz pukotinske izdani manje izdašnosti.

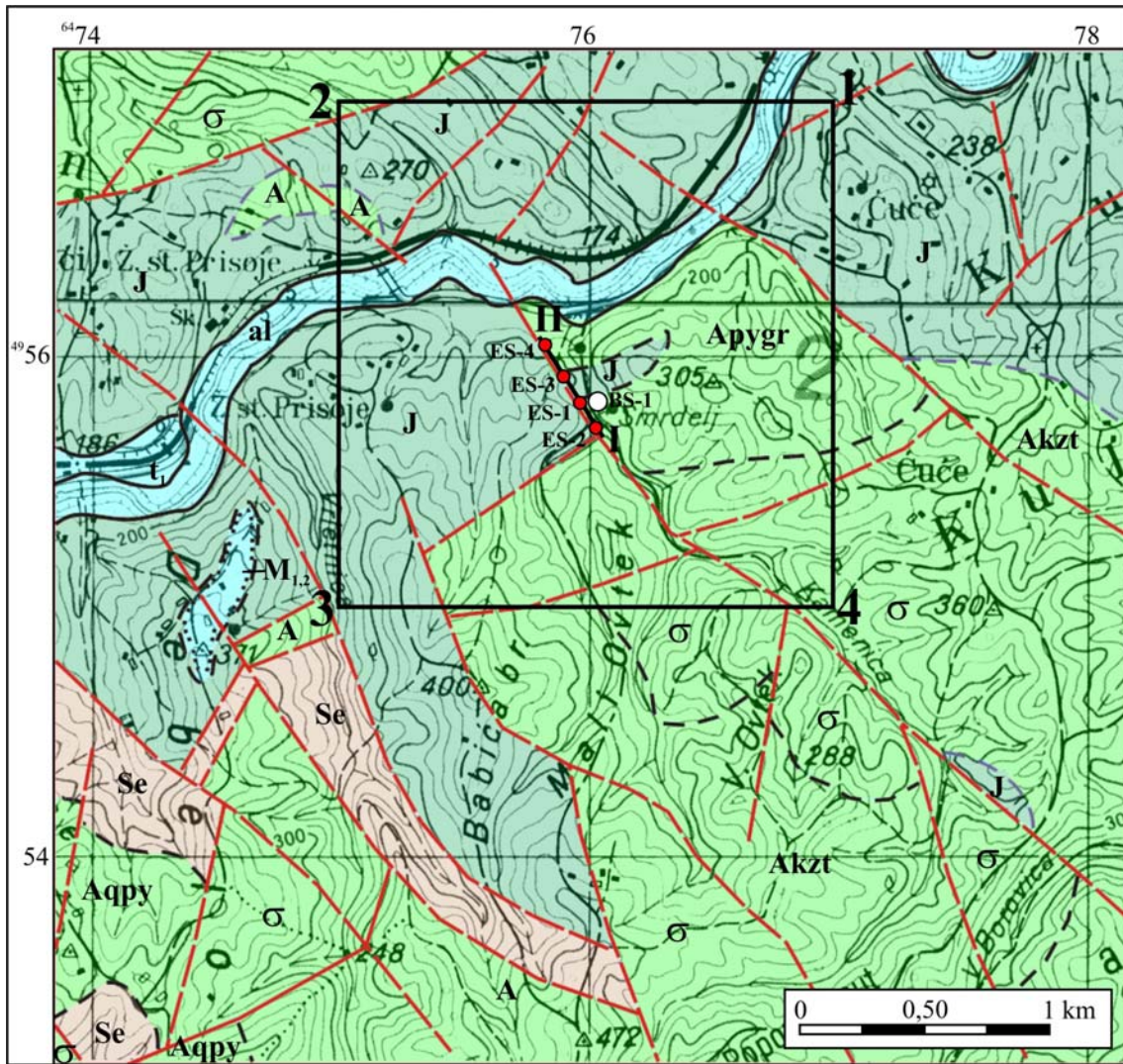
Glavni vid dreniranja ove izdani su izvori, koji se uglavnom javljaju na kontaktu sa manje propusnim stenskim masama ili na rasednim zonama. Izdašnost ovih izvora je stabilna tokom godine i uglavnom se kreće između  $0,1-1$  l/s. Prosečna izdašnost izvora Smrdelj je oko  $0,3$  l/s. Pored toga, na oko  $150$  m nizvodno od "Smrdelja", postoji još jedan izvor prosečne izdašnosti oko  $0,1$  l/s.

### **Uslovno "bezvodni" delovi terena**

U uslovno "bezvodne" delove terena svrstani su serpentiniti i helvet - burdigalske naslage.

Serpentiniti imaju prilično veliko rasprostranjenje na jugo-zapadnim delovima područja istraživanja. Uglavnom su kompaktni, tako da je u njima veoma mala mogućnost akumuliranja nekih značajnijih količina podzemnih voda. S obzirom na svoj položaj na području istraživanja, serpentiniti imaju ulogu bočne hidrogeloške barijere za pukotinsku izdan veće izdašnosti.

Naslage burdigal-helveta imaju veoma malo rasprostranjenje na istražnom terenu, kako u planu, tako i u profilu. Izgrađeni su, uglavnom, od vezanih gruboklastičnih tvorevina, i s obzirom na ograničeno rasprostranjenje ove naslage nemaju neki veći uticaj na hidrogeloške karakteristike istražnog terena.



**KARTIRANE JEDINICE:**

al	aluvijum
t <sub>1</sub>	rečna terasa
M <sub>1,2</sub>	gruboklastične tvorevine
J	djabaz-rožnačka formacija
σ	peridotiti
Se	serpentiniti
A	amfiboliti i amfibolski škriljci
Akzt	klinocoizit-amfiboliti
Aqpy	diopsidski amfiboliti
Apygr	granat-diopsidski amfiboliti

**STANDARDNE OZNAKE:**

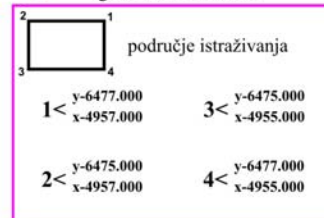
	normalna geološka granica: utvrđena i pokrivena
	granica olistolita i olistostroma
	rased

**HIDROGEOLOŠKE OZNAKE:**

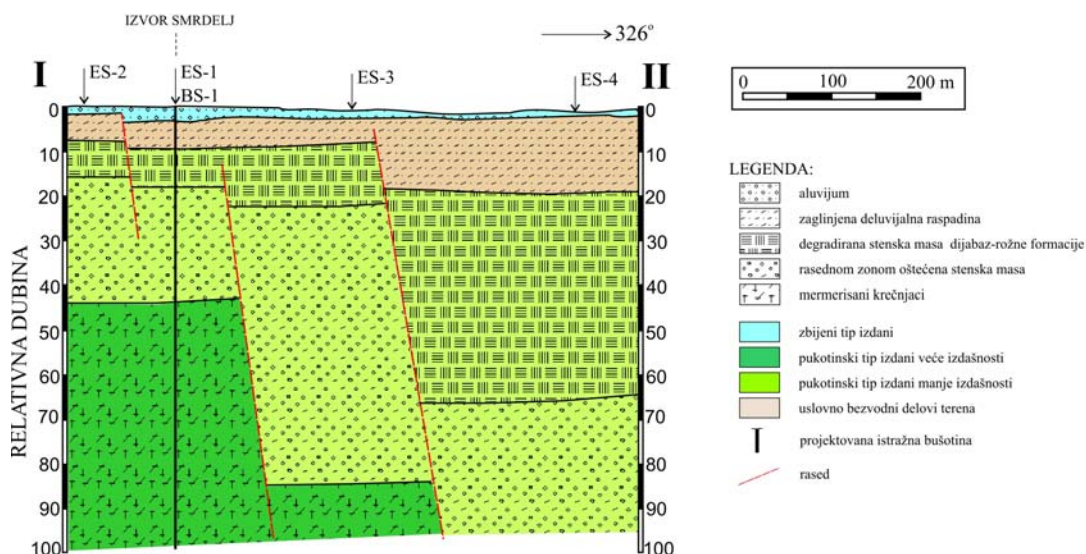
	zbijeni tip izdani
	pukotinski tip izdani veće izdašnosti
	pukotinski tip izdani manje izdašnosti
	uslovno bezvodni delovi terena

**OSTALE OZNAKE:**

I — II	trasa profila
BS-1	projektovana istražna bušotina
ES-1	geoelektrične sonde



**Slika 3. Hidrogeološka karta šire okoline područja istraživanja**



**Slika 4. Prognozni hidrogeološki profil I-II na lokaciji izvora "Smrdelj" (na osnovu geoelektričnog sondiranja)**

### 3. Hidrohemijske karakteristike alkalnih voda sa izvora "Smrdelj"

Za potrebe izrade Projekta uzet je uzorak i urađena je hemijska analiza vode sa izvora "Smrdelj". Analiza je urađena na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu, a prikazana je u tabeli 1.

Što se tiče fizičkih karakteristika, vode su bez boje, mirisa i ukusa. Ipak treba napomenuti da se ovo odnosi na uzorak koji je analiziran u laboratoriji. Na samom izvoru oseća se jak miris na pokvarena jaja, što je siguran znak prisustva vodonik-sulfida ( $H_2S$ ). Za utvrđivanje tačnog sadržaja  $H_2S$  u vodi izvora "Smrdelj", potrebno je određivanje na samom izvoru. Prisustvo pomenutog gasa u vodi verovatno je posledica jake magmatske aktivnosti koja se odigravala u prošlosti na ovom prostoru. Još jedan dokaz za to je i jako povišena pH vrednost od 10,05, što je veoma retko, ne samo u Republici Srpskoj, već i u Evropi.

Po hemijskom sastavu vode su natrijsko-kalijsko-hidrokarbonatnog tipa. Još jedna od odlika ovih voda je i relativno mala mineralizacija.

Iako izvor nije uređen, potpuno odsustvo nitrata i nitrita pokazuje da nema površinskog zagađenja. Takođe, veoma mali je i sadržaj organskih materija, obzirom da je utrošak  $KMnO_4$  svega 1,68 mg/l.

**Tabela 1: Tabelarni prikaz hemijskih karakteristika vode sa izvora "Smrdelj" (Rudarsko-geološki fakultet, Beograd)**

PARAMETAR	VREDNOSTI
Mutnoća	prozračna
Boja	bez
Miris	bez
pH vrednost	10,05
Opšta tvrdoća, °dH	7,00
Prolazna tvrdoća, °dH	5,99
Stalna tvrdoća, °dH	1,01
Ukupna mineralizacija, mg/l	256,16
Elektroprovodljivost, µS/cm	392,36
Amonijak NH <sub>4</sub> , mg/l	0,00
Nitriti NO <sub>2</sub> , mg/l	0,00
Nitrati NO <sub>3</sub> , mg/l	0,00
Hloridi Cl, mg/l	17,02
Hidrokarbonati, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	130,54
Karbonati, CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	64,20
Karbonati (eksperimentalno), CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	72,00
Sulfati, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	2,40
Utrosak KMNO <sub>4</sub> , mg/l	1,68
Kalcijum Ca, mg/l	28,06
Magnezijum Mg, mg/l	13,38
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , mg/l	59,11
Ukupno gvožđe Fe, mg/l	0,00
Mangan Mn, mg/l	0,00

Na osnovu svega iznetog, može se konstatovati da su vode ove izdani veoma pogodne za korišćenje kako u balneoterapeutske, tako i neke druge svrhe (sportsko-rekreativne...). Ipak, da bi se nešto konkretnije moglo zaključiti i radi jasnijeg definisanja hidrogeloških karakteristika potrebno je izvesti detaljna istraživanja.

#### 4. Konceptija hidrogeoloških istraživanja

U cilju rešavanja postavljenog zadatka, tj. za utvrđivanje uslova i mogućnosti zahvatanja određenih količina alkalnih voda iz pukotinske izdani u široj okolini izvora "Smrdelj", potrebno je realizovati određen obim radova, koji je predložen u okviru koncepcije hidrogeoloških istraživanja. Kod izbora aktivnosti i mera koje se moraju realizovati, maksimalno je uvažen princip ekonomičnosti, sa namerom da se uz što manja finansijska ulaganja dobiju kvalitetni i pouzdani rezultati, na osnovu kojih se mogu planirati neki budući konkretni poslovi. Pri tome su poštovane sve relevantne norme i činjenice, kako u smislu zakonskih obaveza, tako i u stručnom pogledu.

U tom smislu, koncepcija hidrogeoloških istraživanja obuhvata sledeće radove od kojih su neki delimično i realizovani tokom izrade Projekta detaljnih hidrogeoloških istraživanja:

1. Prikupljanje i analiza postojećih podataka o klimatskim, hidrografskim, hidrološkim, geološkim i hidrogeološkim karakteristikama terena u bližoj i široj okolini područja istraživanja.
2. Detaljno hidrogeološko kartiranje terena ukupne površine oko 4 km<sup>2</sup>, sa ciljem da se evidentiraju sve prirodne pojave i veštački vodni objekti.
3. Geoelektrična ispitivanja, koja su izvedena da bi se pre istražnog bušenja odredio prostorni raspored i dubinsko zaleganje litoloških članova tj. potencijalnih kolektora podzemnih voda. Zadatak geoelektričnih ispitivanja sastojao se u određivanju debljine površinskog pokrivača, određivanju debljine i dubinskog zaleganja pojedinih litoloških članova, kao i određivanju dubine do kolektora odnosno sredina pogodnih za dobijanje većih količina voda.
4. Realizacijom prethodno navedenih radova, tj. prikupljanjem i analizom rezultata ranijih istraživanja, zatim hidrogeološkim kartiranjem terena i na kraju geofizičkim sondiranjem, stvaraju se neophodne osnove za izbor adekvatnih lokacija, realne procene krajnjih dubina, tehnologije izrade i konstrukcijskih karakteristika buduće istražne bušotine koja predstavlja glavni vid istraživanja.

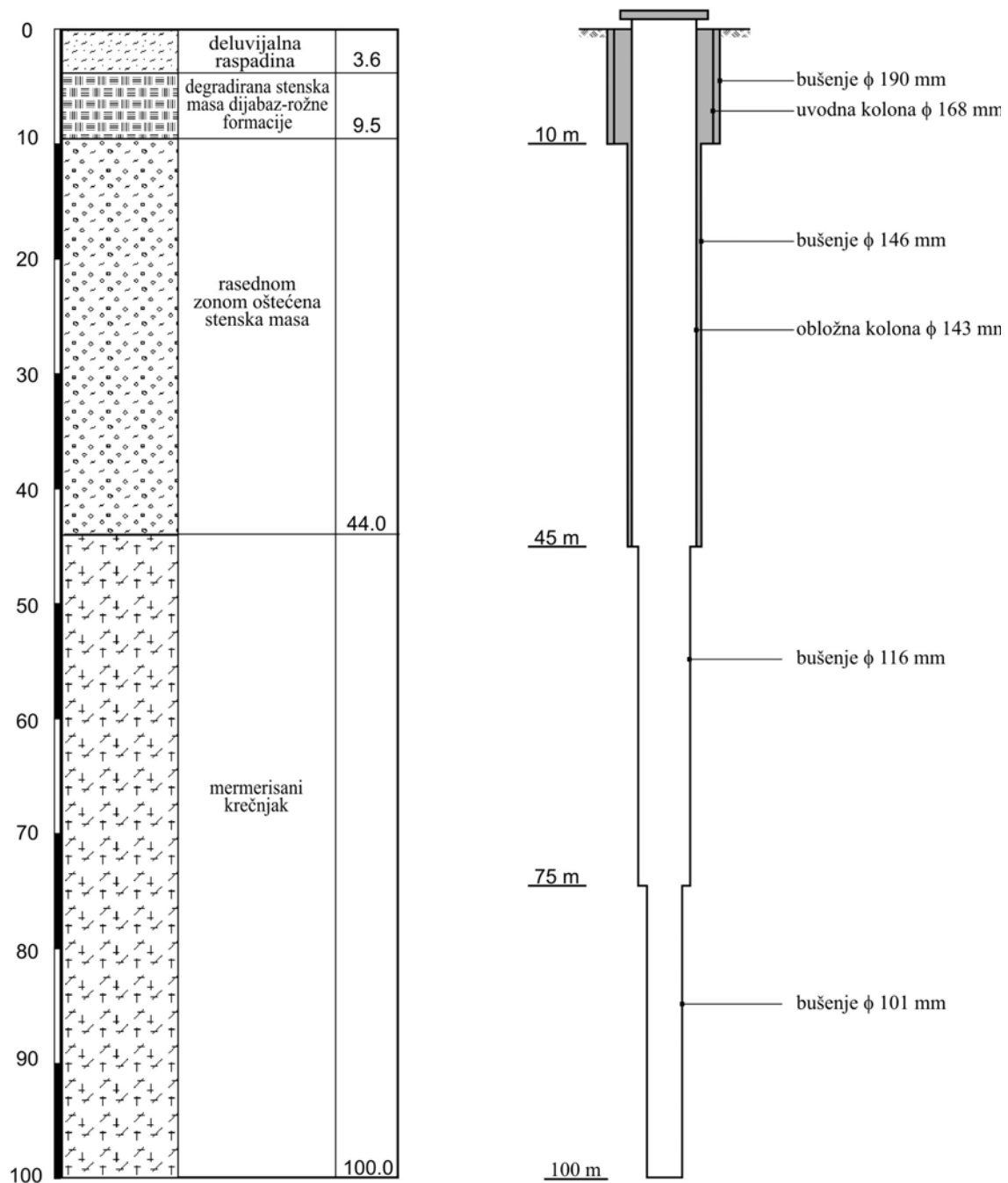
U ovom momentu, oslanjajući se na rezultate ranijih istraživanja kao i na rezultate istraživanja izvedenih za vreme izrade Projekta, predložila se izrada istražne bušotine dubine oko 100 m na lokaciji pored geoelektrične sonde ES-1 (slika 3).

Istražne bušotina je projektovana tako da se njenom izradom, osmatranjem i testiranjem dobije maksimalan broj informacija, pre svega o litološkom profilu, kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama podzemnih voda pukotinske izdani. Zbog toga se slobodno može konstatovati da je predloženo rešenje najracionalnije i najekonomičnije, jer pruža šansu, da uz minimalno ulaganje sredstava dođe do dragocenih informacija o količini vode koja se može eksploatisati, ali i o njenom kvalitetu i mogućnostima primene u određene svrhe.

Nakon završetka izrade istražne bušotine, sastavio bi se Izveštaj o izvedenim radovima sa predlogom načina izrade i uslova eksploatacije budućeg vodozahvatnog objekta i sa stručnim komentarom fizičko-hemijskih i balneoterapeutskih karakteristika zahvaćenih voda. U izveštaju bi se detaljno obraditi radovi koji će se realizovati u narednim fazama, za potrebe izrade Elaborata o rezervama.



GRAFIČKI PRIKAZ	LITOLOŠKI OPIS	DUB. (m)	PODACI O TEHNIČKIM KARAKTERISTIKAMA BUŠOTINE
-----------------	----------------	----------	--



Slika 5. Litološki profil i konstrukcija istražne bušotine BS-1 na lokaciji izvora "Smrdelj"

## 5. Zaključak

Alkalne vode izvora "Smrdelj" predstavljaju prirodno bogatstvo sa višenamenskim mogućnostima korišćenja, što predstavlja značajnu osnovu za razvoj određenih delatnosti i aktivnosti u oblasti medicine, turizma i sporta.

Na osnovu dosadašnjih saznanja može se reći da sa medicinskog aspekta, alkalne vode izvora "Smrdelj" mogu koristiti za lečenje raznih kožnih obolenja kao i za lečenje i rehabilitaciju bolesti varenja. Svakako, njihova lekovita svojstva biće utvrđena na osnovu detaljnih balneoloških analiza.

Povoljan geografski, saobraćajni i turistički položaj, pojave mineralnih (alkalnih) voda, dobro očuvana i živopisna prirodna sredina, blizina brojnih kulturno-istorijskih spomenika su dobra osnova intenzivnijeg razvoja balneoterapeutskog, sportsko-rekreativnog o drugih vidova turizma.

## LITERATURA

7. Lazić M., Nikolić J., 2000:Projekat hidrogeloških istraživanja terena u selu Gornja Ilova (lokalitet Povelich) za potrebe otvaranja izvorišta za vodosnabdevanje naselja u SO Prnjavor-Republika Srpska, Fond RGF, Beograd
8. Lazić M., 2001: Izveštaj o rezultatima izrade istražnih bušotina IBP-1 i IBP-2 na lokalitetu Povelich-Gornja Ilova, Opština Prnjavor u Republici Srpskoj, Fond RGF, Beograd
9. Sofilj J. i drugi, 1984: OGK 1 : 100 000 list Derventa, SGZ, Beograd
10. Sofilj J. i drugi, 1984: Tumač OGK 1 : 100 000 list Derventa, SGZ, Beograd

# GEOMORFOLOŠKA ANALIZA PODRUČJA DOBOJ ISTOK

Dr.sc. **Amir Baraković**, vanr.prof., RGGF Univerzitet Tuzla  
Mr.sc. **Damir Baraković**, dipl.ing.geologije, TGP a.d. Petrovo  
Dr.sc. **Amir Mešković**, vanr.prof., RGGF Univerzitet u Tuzli

**Ključne riječi:** *geomorfološka analiza, neotektonske morfostrukture, savremene morfoskulpture, energija reljefa, nagib padina*

## Rezime:

Primenjujući savremene naučne metode i postupke terenskih i kabinetskih metoda istraživanja urađena je kompleksna geomorfološka analiza područja Doboj Istok, lociranog u okviru sjevernog geomorfološkog pojasa zone Unutrašnjih Dinarida. Analizom je dat prikaz morfografskih i hidrogeoloških odlika područja, izdvojene neotektonske morfostrukture i savremene morfoskulpture reljefa, utvrđena geološka građa terena sa prikazom litološkog sastava i sklopa terena kao i orografskih odlika sa determinacijom poligenetskih tipova reljefa.

Izvršena je morfometrijska analiza oblika u reljefu analiziranog područja, primjenjujući postupke energije reljefa i nagiba padine, pri čemu su utvrđene i izdvojene zone analiziranog područja sa povećanom erozijom i povećanom akumulacijom, predisponirane uzajamnim djelovanjima neotektonskih pokreta i savremenih egzodinamičkih procesa, koji su uticali na formiranje različitih oblika u reljefu analiziranog područja.

## 1. Geografski položaj i hidrografske odlike područja Doboj Istok

Sa sjeverne i istočne strane područje Doboj Istok se graniči sa područjem Gračanica, dok na zapadu i jugu graniči se sa područjima Doboja. Smješteno je između gradskih centara Doboja i Gračanice, na oko 44°60' sjeverne geografske širine i 18°26' istočne geografske dužine. Prostire se dolinom rijeke Spreče skoro od njenog ušća u rijeku Bosnu, na magistralnom putu Doboj-Tuzla. Sa južne strane područje Doboj Istok je omeđeno planinom Ozren, a sa sjeverne visovima Trebave.

Današnja hidrografska mreža na području Doboj Istok nastala je kao rezultat veoma složenih uticaja komponenata prirodne sredine, kao što su: *klimatske karakteristike koje određuju vodnu masu, zatim geološki, hidrogeološki uslovi i reljef teritorije*. Vodotoci na tretiranom području pripadaju slivu rijeke Spreče i Bosne. Rijeka Spreča je najznačajnija i najveća tekućica u ovom području. Spreča protiče južnim obodom analiziranog područja u dužini od oko 10 km i čini njenu južnu granicu. U Spreču se sa južnih padina planine Trebave ulijeva nekoliko manjih vodotoka, među kojima su nešto veći: **Rijeka u Klokotnici, Rijeka između Male i Velike Brijesnice i Rijeka u Stanić Rijeci**. Opća odlika ovih vodotoka je da za vrijeme velikih suša presušuju. Sjevernim dijelom područja kroz naselje Lukavica Rijeku protiče istoimena riječica koja se ulijeva direktno u rijeku Bosnu. Ukupna dužina njenog toka iznosi 34 km. Pritoke Spreče i Bosne sa ovog područja odlikuju se velikim padovima i bujičnim protocima sa znatnim količinama erodovanog materijala. Opšta karakteristika vodotoka na području Doboj Istok su neregulisana riječna korita i plavljenje poljoprivrednih površina. Svi vodotoci se odlikuju pluvijalno-nivalnim režimom.

Hidrogeološkim istraživanjima započetim 1985. godine na području utvrđena je značajna akumulacija podzemnih voda u okviru pjeskovito-šljunkovitih sedimenata pliocena i kvartara. Područje ležišta podzemnih voda smještena je između Klokotnice i Male Brijesnice.

## 2. Reljef područja Doboj Istok

Reljef područja Doboj Istok je brdovito-brežuljkasto-nizijski. Brdoviti reljef zahvata zatalasanu podgorinu Trebave koja se blago spušta u dolinsku ravan rijeke Spreče. Veće uzvišenja su: *Stijene* (472 m n.v.), koje se nalaze u sjeveroistočnom dijelu područja, *Hrkoj* (471 m n.v.) u sjeverozapadnom, te *Vajzovača* (459 m n.v.). Najniži dijelovi nalaze se u dolini rijeke Spreče. Najniža tačka nalazi se neposredno uz tok rijeke Spreče, južnije od Stanić Rijeke na 144 m n.v. Hipsometrijski, područje je locirano između 100-500 m nadmorske visine, sa većim procentom nagiba terena do 15 %. Prosječna nadmorska visina područja iznosi oko 310,5 m. Najveći visinski interval iznosi 317 m. U tektonskom smislu na ovom području prisutan je proces tektonskog orogenog izdizanja, koji je najizraženiji u njegovom sjevernom dijelu (u prostoru horsta Trebave) i spuštanju u južnom dijelu (u prostoru Sprečanske depresije). Geomorfološka raznovrsnost reljefnih oblika je dosta izražena. Zastupljeni su oblici fluvijalne erozije, oblici erozije tla, oblici raspadanja i razaranja stijena, dok su nešto manje zastupljeni kraški i denudacioni oblici. Sve pomenute kategorije erozivnih oblika nakalemljene su na morfostrukturne oblike koji su krupniji i stariji. Reljef analiziranog područja je polifazan, a polimorfija, zbog uticaja modifikatora također je izražena.

### 2.1. Neotektonske morfostrukture

Od tektonskih oblika u današnjem reljefu najbolje su očuvani mladi oblici, stvoreni u najmlađim geološkim periodima.

Morfogeneza tektonskog reljefa na području Doboj Istok uslovljena je orogenim fazama alpske orogeneze koje su se desile u **neogenu i kvartaru**. Tokom pomenutih orogenih faza došlo je do radijalnih tektonskih pokreta izdizanja i nabiranja (horsta Trebave) u sjevernom dijelu područja i pokreta spuštanja (Sprečanske depresije) u južnom dijelu.

Navedeni tektonski pokreti nastavljaju se i danas. U reljefu Doboj Istok mogu se izdvojiti dvije morfotektonske jedinice.

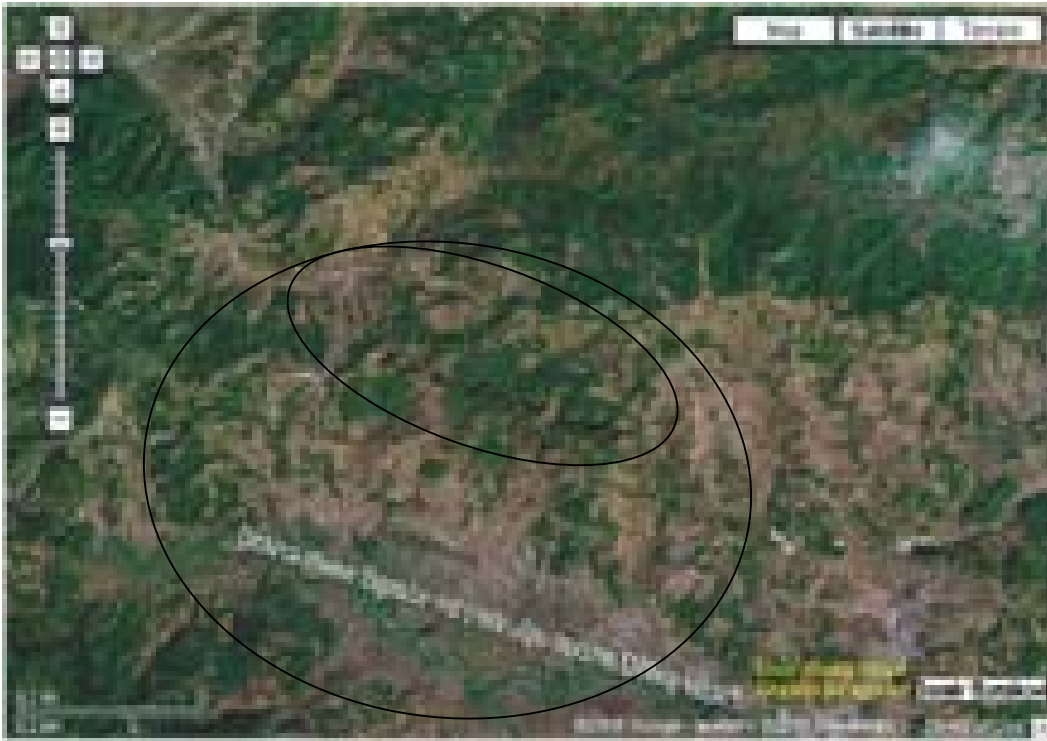
#### 1. Planina Trebava (sjeverni dio područja)

#### 2. Sprečanska depresija (južni dio područja), (slika 2.)

Planina *Trebava* zauzima sjeverne, sjeveroistočne i sjeverozapadne dijelove analiziranog područja. To je hipsometrijski najviši dio područja, a izgrađuju ga uglavnom paleogene tvorevine predstavljene pješčarima, laporcima i glincima, sa krednim sedimentima u podini. Kreda se pojavljuje na topografskoj površini samo na malim dijelovima na području Hrkoja, Gaja i Sokoline. Planina Trebava ima dinarski pravac pružanja (sjeverozapad-jugoistok), a njene osnovne bore nastale su u staroalpskim orogenim fazama. U mladoalpskoj fazi, planinske bore dobijaju konačan izgled. Pravac pružanja bora je sjever sjeverozapad- istok jugoistok. Bore su uglavnom raskinute tako da je rekonstrukcija otežana, ponekad i nemoguća. Usljed tektonskih pokreta izdizanja trebavskog horst-antiklinorija, gornji tokovi riječica koje sa ovog područja teku prema Spreči su formirale duboke doline sa poprečnim profilom u obliku slova „V“, što ukazuje na jak proces vertikalne erozije uslovljen tektonskim izdizanjem, pri čemu je teren jako diseciran.

- *Sprečanska depresija* zauzima južne dijelove područja Doboj Istok i predstavlja hipsometrijski njen najniži dio (slika 3.). Izgrađena je uglavnom od kvartarnih tvorevina koje su predstavljene srednjozrnim šljunkom, pjeskovima, krovinskim glinama i aluviom. Ova primarna depresija ima sinklinalni oblik, uzdužnog dinarskog pravca pružanja sjeverozapad – jugoistok, sa nagibom u smjeru sjeverozapada, dužine oko 85 i širine oko 30 km, a smještena je između doline Drine na jugoistoku i Bosne na sjeverozapadu.

- Depresija je sa sjevera i sjeveroistoka odvojena od Semberije i donje Posavine planinskim horstom Trebave i Majevice čiji brdoviti erodirani morfološki oblici dosta strmo padaju ka depresiji. Sa juga i jugozapada ova depresija je od doline Bosne, Krivaje i Drinjače odvojena erodiranim planinskim grebenima Ozrena, Konjuha i Javornika čije su sjeverne padine prema depresiji jasno ograničene sa markiranim odsjecima. Na krajnjem istočnom dijelu depresija je odvojena od doline Drine prevojem i brdom Snagovo visine od 580 m n.v. u kome je locirano izvorište Spreče. Sprečanska depresija je kako morfološki tako i geotektonski veoma složena sredina, nastala kao posljedica složenih endodinamičkih pokreta i geomorfoloških procesa.



*Slika 2.: Satalitski snimak morfotektonskih jedinica planine Trebave i Sprečanske depresije (izvor: Google Maps, grafički prilagodio Damir Baraković)*



Slika 3.: Sprečanska depresija, pogled sa Trebave, fotografisao: Damir Baraković, 2008. godine

## 2.2. Erozivne morfoskulpture

U genezi erozivnih oblika na području Doboj Istok učestvovalo je više erozivnih procesa pod uticajem modifikatora kao što su klima, geološki sastav, inicijalni reljef, neotektonski pokreti i vegetacija, pri čemu su formirani savremeni slični oblici reljefa ovog prostora. Na analiziranom prostoru su zastupljeni procesi i oblici razaranja i raspadanja stijena, erozija tla, kliženja tla, procesi i oblici fluvijalne erozije, kraške erozije, kao i poligenetski oblici reljefa. Analizirajući oblike u reljefu ovog područja može se primjetiti polimorfija i polifaznost, na osnovu broja riječnih terasa može se izdvojiti više faza u njihovom nastanku. Erozivni oblici su dominantni u odnosu na akumulativne. Morfohronološki gledano oblici fluvijalnog reljefa su najstariji na ovom području i oni su primarni u odnosu na druge kategorije reljefa.

### 2.2.1. Reljef raspadanja i razaranja stijena

Oblici raspadanja i razaranja stijena na području Doboj Istok zbog specifične građe terena, u kojem preovladavaju slabo kompaktne stijene, neotporne prema eroziji, su dosta zastupljeni. Najčešći slučaj koji preovladava na najvećem dijelu terena, jeste da razoreni detritus, koji je nastao temperaturnim i mraznim razaranjem ostaje na mjestu razaranja (eluvijum) i formira pedološki pokrov (tlo) različite debljine u kome dolaze procesi erozije tla i formiranje klizišta. Deluvijum i oblici razaranja i raspadanja stijena su nešto češći u sjevernom dijelu područja i na mjestima gdje se graniče stjenске mase različite otpornosti.



Slika 4.: Proces razaranja i raspadanja stijena, lokalit Frkati. Fotografisao: Damir Baraković, 2008. godine

Procesu razaranja i raspadanja najviše su izloženi stjenski odsjeci čije su mase ogoličene tj. bez vegetacije, (slika 4).

Olučasti žljebovi ili **točila** i kupasta uzvišenja ili **sipari** mogu se primjetiti na stjenskim odsjecima koji se nalaze sjeverno od Male Brijesnice i u područjima većih nagiba. Ovaj proces gotovo da i nije zastupljen u dijelu područja koji zahvata dolinu Spreče. Razlog tome leži kako u malom broju stijena koje ogoljele strše na površini, tako i u tome što je veći dio površine pokriven vegetacijom.

#### 2..2.2. Erozijska tla i klizišta

Na analiziranom području, usljed nagiba terena i energije reljefa dolazi do pojave jaružanja i kliženja tla, te pojačane denudacije koja naročito dolazi do izražaja u ogoljenim dijelovima područja. Na terenu su prisutni oblici u stadijum zrelosti kao što su jaruge sa relativno velikom širinom, prekrivene vegetacijom, kao i oblici u početnom stadijumu nastanka npr. vododerine.

Kliženja tla je najrašireniji oblik erozije tla na prostoru Doboja Istok. Veliki nagibi terena u sjevernim dijelovima uzrokuju česte pojave klizišta, a jedan od glavnih uzroka pojave velikog broja klizišta jeste prije svega geološka građa terena gdje učestvuju mlađe tvorevine, koje se odlikuju malim stepenom dijageneze, tako da su pod dugotrajnim uticajem egzogenih sila podložnih procesu raspadanja, kada se relativno brzo formira takozvana kora raspadanja, koja u zavisnosti od intenziteta egzogenih sila, vrste geološke podloge, morfoloških uslova, formira glinovite pokrivače različite debljine, a koje predstavljaju potencijalne sredine za formiranje klizišta. Na terenu postoji veći broj klizišta koja zauzimaju značajnu površinu. Na jednoj trećini analiziranog područja registrovano je 258 klizišta koja zauzimaju površinu terena od 119,07 ha, (sl.5).



Slika 5.: Aktivno klizište na području naselja Gnječe, fotografisao Damir Baraković, 2008. godine

### 2.2.3. Fluvijalni reljef

Fluvijalni proces na prostoru Doboj Istok odvija se u okviru riječnog sistema rijeke Spreče i njenih pritoka. Riječni sistem Spreče pripada slivu rijeke Save i predstavlja pritoču drugog reda, tako da rijeka Bosna predstavlja donju erozionu bazu za sliv rijeke Spreče. Kao modifikatori fluvijalnog procesa na ovom području javlja se heterogena geološka podloga, neotektonsko spuštanje prostora Sprečanske depresije, kvartarna klimatska kolebanja i uništavanje prirodne vegetacije. Fluvijalni, fluvio-denudacioni oblici predstavljaju najdominantniju kategoriju u reljefu područja. Oni osim što su najraznovrsniji, zauzimaju i najveću površinu na ovom prostoru. Erozivni fluvijalni oblici su u cijelini rasprostranjeniji od akumulativnih. Na prostoru Doboj Istok u području sliva rijeke Spreče prisutne su: riječne terase, aluvijalne ravni, plavine, riječna korita i riječne doline. Pomenuti oblici su formirani u okviru sliva rijeke Spreče i njenih pritoka i predstavljaju elemente fluvijalnog reljefa ovog prostora.

#### 2.2.3.1. Doline

Rijeka Spreča je svojim radom izgradila prostranu riječnu dolinu. Područje Doboj Istok svojim južnim dijelom zahvata dio te prostrane doline u dužini od oko 10 km. Nastala je naizmjeničnim djelovanjem vertikalne i bočne erozije. Odlikuje se stranama koje se izdižu iznad dna u vidu blagih padina. Pravac pružanja doline je sjeverozapad-jugoistok. Pripada tipu normalnih riječnih dolina koje su rezultat njihove daleko odmakle morfološke evolucije. Na nju se nastavljaju druge manje doline koje su usjekle pritoke Spreče po južnim padinama Trebave, čime je reljef dodatno raščlanjen. Širina ovih dolina rijetko premašuje 100 m.



### *2.2.3.2. Riječne terase*

Na prostoru Doboj Istok najizrazitije i morfološki najbolje očuvane fluvijalne terase nastale su erozivnim radom rijeke Spreče. Sa njima su povezane terase njenih pritoka koje imaju manju morfološku izrazitost i očuvanost. Na stranama doline Spreče na analiziranom području mogu se izdvojiti dvije erozivne terase: 9-15 metara relativne visine i 4-8 metara relativne visine.

Terasa relativne visine 9-15 metara je usječena na stranama doline rijeke Spreče u gotovo cijeloj dužini područja. Nešto je šira na području Male Brijesnice dok se u području Klokotnice znatno sužava. Nagnuta je prema toku rijeke Spreče i niz tok.

Terasa relativne visine 4-8 metara predstavlja najmlađu i najnižu erozivnu terasu i njena relativna visina varira. Maksimalnu širinu ima na području Klokotnice i iznosi preko 1 km, dok je u području Stanić Rijeke njena širina znatno manja i iznosi oko 150-200 metara. Blago je nagnuta prema toku Spreče i niz riječni tok.

Riječne terase, a naročito najniža riječna terasa predstavlja vrlo pogodan teren za izgradnju stambenih i infrastrukturnih objekata. Preko ove terase vode i glavne putne komunikacije.

### *2.2.3.3. Aluvijalne ravni*

Poput većine fluvijalnih oblika, tako je i najveća aluvijalna ravan na ovom području smještena u dolini rijeke Spreče. Području Doboj Istok pripada dio te ravni koji se nalazi desno od toka Spreče. Ona predstavlja najmlađi fluvijalni oblik, čija je površina uravnjena, niska i blago nagnuta ka rijeci Spreči. U litološkom sastavu većine aluvijalnih ravni preovladavaju šljunak, pijesak, alveriti, a debljina aluvijalnog nanosa iznosi i nekoliko desetina metara. Ono što je karakteristično za tok rijeke Spreče jest da on meandrira po svojoj aluvijalnoj ravni, proširujući je na račun dolinskih strana. Na analiziranom području maksimalnu širinu ima kod Male Brijesnice, dok je kod Stanić Rijeke znatno sužena. Manje aluvijalne ravni su prisutne i u dolinama pritoka Spreče, ali one su manjih dimenzija i maksimalne širine do 50 metara. Intenzivno su naseljene, tako da su i morfološki izmjenjene antropogenim uticajem. Najveći dio površine aluvijalnih ravni koristi se kao obradivo zamljište.

Osim aluvijalnih ravni, od akumulativnih fluvijalnih oblika prisutne su i plavine u prostoru donjih tokova pritoka rijeke Spreče. Njih je veoma teško primjetiti u reljefu, zbog toga što su preinačane aplanacionim procesima.

## **3. Geološka građa terena**

Parametri litološkog sastava i sklopa analiziranog područja su utvrđeni sa geomorfološke karte Bosne i Hercegovine, razmjera 1 : 500 000, preuzete sa geomorfološke karte Jugoslavije, izdate od Saveza geografskih društava Geokarta u Beogradu 1992. godine .

### *3.1. Litološki sastav*

Na južnom dijelu područja , u dolini rijeke Spreče, smjenjuju se fini klastiti sa dijabazima. Na ovaj litološki supstrat, prema sjeveru, naslanjaju se naslage finih klastita (glinaca). Ovaj litološki supstrat zauzima središnji dio područja. Dalje prema sjeveru nalaze se naslage glinaca koji se smjenjuju sa pješčarima. Na krajnjem sjeveru područja u dolini Lukavica Rijeke nalaze se naslage grubih klastita (pješčara).

Iz ove analize da se zaključiti da najveći dio područja Doboj Istok zauzimaju naslage finih klastita (glinaca).

### 3.2. Sklop terena

Elementi sklopa terena se prikazuju u okviru kategorije oblika, odnosno geneze reljefa kao endogeni tektonski oblici.

Na krajnjem južnom, jugozapadnom i jugoistočnom dijelu područja, prostire se neotektonski oblik, dolina na rasjedu. Ovaj neotektonski oblik spada u endogene tektonske oblike, nastale neotektonskim procesima.

Ovaj element sklopa terena, dolina na rasjedu, je dominantan u južnom dijelu područja. Zahvata desnu obalu rijeke Spreče na cijelom prostoru Doboj Istok i ima smjer pružanja jugoistok-sjeverozapad (dinarski pravac pružanja).

## 4. Orografija i poligenetski tipovi reljefa

Najveći dio područja Doboj Istok, po vertikalnoj raščlanjenosti, spada u klasu od 100-300 m, a po genetskoj klasifikaciji, to je **fluvio-denudacioni tip reljefa**. Krajnji južni dio područja Doboj Istok, pripada klasi od 30-100 m, a genetski spada u **fluvio-akumulacioni tip reljefa**. Osim doline rijeke Spreče, u klasu od 30-100 m, spada i krajnji sjever područja, odnosno, dolina Lukavica Rijeke, i ovaj dio područja pripada **fluvio akumulacionom tipu reljefa**.

### 4.1. Egzogeni tipovi reljefa

Od oblika koji su nastali poligenetskim egzogenim procesima na prostoru Doboj Istok zapažamo i oblik, **uski zaobljeni greben (razvođe)**.

Uski zaobljeni greben ide vrhovima brda: Hrkoje (471), Cerik (418), Krčevine (422), Bandra (441) i Debelo Brdo (400). Ovaj greben ima smjer pružanja istok – zapad i prostire se središnjim dijelom područja Doboj Istok.

Od egzogenih tipova reljefa, na prostoru Doboj Istok, na desnoj strani rijeke Spreče nalaze se fluvijalni akumulativni oblici, riječne terase, i to duž cijele obale rijeke.

Od **fluvijalno-denudacionih oblika** na sjeverozapadu područja Doboj Istok nalazi se *dolinski oblik, tačnije uska koritasta dolina*. To je dolina Lukavica rijeke. Genetski je vezana za vodotok istočnih padina Golog krša i južnih padina brda Spletene lipe na području Gračanice, teku kroz selo Lukavicu i ima smjer sjeveroistoka. Ulijeva se u rijeku Bosnu.

## 5. Morfohronološka analiza

Analizom geomorfološke karte područja Doboj Istok, zapaža se da je sav prostor moguće smjestiti u Holocen (Q<sub>4</sub>). Holocen je najmlađe razdoblje u geološkom oblikovanju Zemlje, koje obuhvata i sadašnje vrijeme u kome se još uvijek oblikuje Zemljina površina, počinje poslije virmskog glacijala kad se postupno počinju oblikovati današnji geografski, klimatski i biološki odnosi na Zemlji, traje oko 10 000 godina

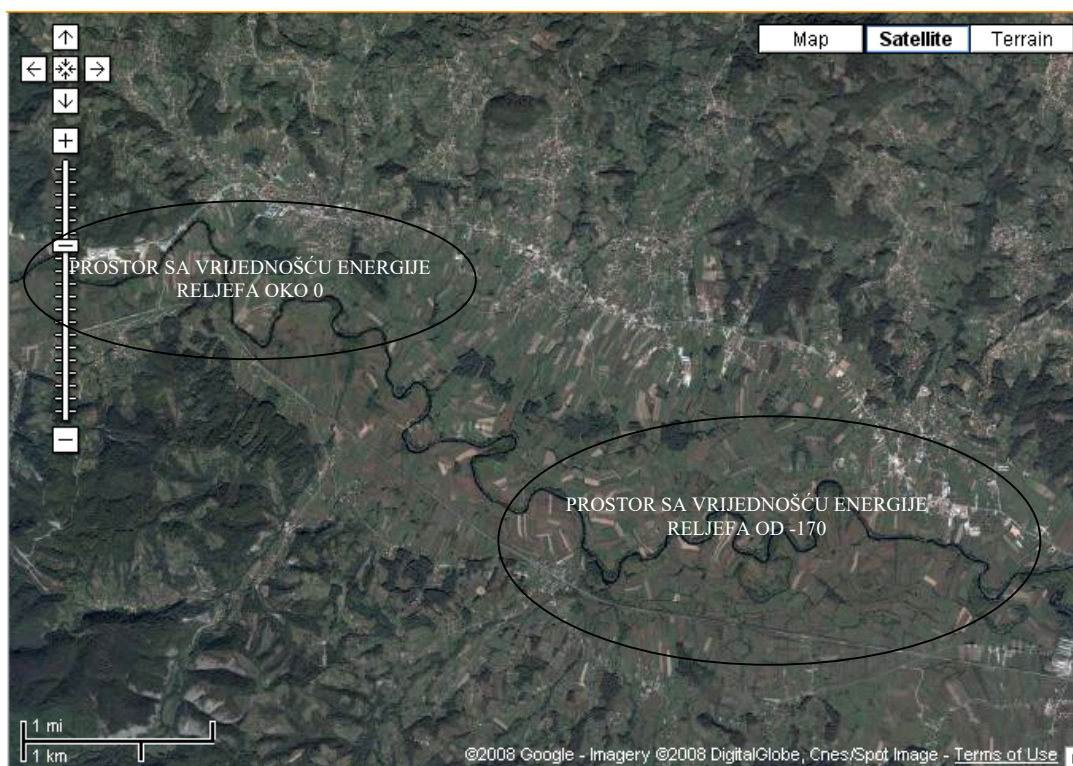
## 6. Morfometrijska analiza

### 6.1. Analiza energije reljefa ispitivanog područja

U području Doboj Istok, energija reljefa se kreće od -170 na krajnjem jugu u dolini rijeke Spreče, do +120 na sjeveroistoku, gdje dominira vrh Hrkoje sa 471 m nadmorske visine.

Najveći dio područja Doboj Istok zauzima prostor čija je vrijednost energije reljefa od 0 do +100. Dok samo južni dio područja ima negativnu vrijednost energije reljefa, a pretstavlja ga Sprečanska depresija.

Depresija rijeke Spreče dominira južnim dijelom područja, te pretstavlja prostor intenzivne akumulacije erodovanog materijala nošenog rijekama sa južnih padina planine Trebave. Energija reljefa ovog područja najniža je na krajnjem jugoistoku područja i iznosi – 170, dok idući ka zapadu, nizvodno rijekom Sprečom, vrijednost energije reljefa se povećava i na krajnjem jugozapadnom dijelu iznosi oko 0, (slika 6.).



Slika 6.: Satelitski snimak negativnih vrijednosti energije reljefa na prostoru općine Doboj Istok  
(Izvor.: [Google Maps](#)-grafički prilagodio Damir Baraković)

Na sjeveroistoku područja Doboj Istok, na lokalitetu Krčevine, nalazi se područje čija energija reljefa iznosi 0, to je područje uravnjeno, sa nadmorskom visinom od oko 400 m. Prostor na krajnjem zapadu i sjeverozapadu ima najveću energiju reljefa na prostoru Doboj Istok. To je područje sa + 120, zauzima brda: *Stožina, Hrkoje i Greda*. Dalje prema zapadu i sjeverozapadu interval između izolinija koje povezuju tačke sa istom energijom reljefa je veoma mali i pada sve do 0.

## 6.2. Analiza nagiba padina reljefa ispitivanog područja

Ispitivanja i mjerenja nagiba padina na području Doboj Istok, vršena su sa topografske karte razmjera 1:50 000, uz ekvidistanacu od 100 m. Za detaljniju analizu korištena je skala od četiri klase nagiba, i to od 0° do >35°. Klase i vrijednosti intervala dati su u tabeli 1., sa šablonom za očitavanje nagiba reljefa

Tabela 1.: Klase i vrijednosti intervala

KLASA	EKVIDISTANCA (mm)	NAGIB ( $\alpha^\circ$ )	ctg $\alpha$	INTERVAL (mm) $i=e \cdot \text{ctg } \alpha$
1	2	0	$\infty$	$\infty$
2	2	10	5,67	11,52
3	2	20	2,75	5,50
4	2	30	1,73	3,46

Šablon za očitavanje nagiba

	4	3	2	1
A				

Najveći dio područja Doboj Istok, zahvata područje sa nagibom druge klase, odnosno područje čiji teren ima nagib između  $10^\circ$  i  $20^\circ$ .

Područje uz rijeku Spreču, odnosno dio Sprečanske depresije koji pripada području Doboj Istok ima nagibe prve klase, odnosno nagibe do  $10^\circ$ . To je zaravnjen prostor, odnosno Sprečansko polje. Granica između prve i druge klase nagiba padina ide prvim uzvisinama i to idući od zapada ka istoku: *Kosice (268 m n.v.), kota 274 m n.v. (naselje Frkati), Gaj (371 m n.v.), Debelo brdo (400 m n.v.)*.

Pored ovog prostora sa nagibom prve klase, na sjeveru područja, na prostoru lokaliteta Bjeljevine nalazi se prostor sa nagibom prve klase. To je manje područje u dolini Jahovičkog potoka.

Na području Doboj Istok nalaze se četiri „otoka“ sa nagibom treće klase i to su mjesta sa najvećim nagibom na analiziranom području. Na području, Hrkoja nalaze se dva vrha sa nagibom treće klase, i to prvi, najzapadniji sa visinom od 471 m, i drugi nešto istočnije sa visinom od 418 m, što pretstavlja i najveće vrhove na prostoru Doboj Istok. Na krajnjem istoku područja, na lokalitetu brda Ruj (421 m n.v.), nalazi se područje sa nagibom treće klase. Na krajnjem sjeveru područja Doboj Istok, na lokalitetu brda Oblič (380 m n.v.) nalazi se četvrti „otok“ sa nagibom padina treće klase, što je prikazano na satelitskom snimku (*slika 7.*)



Slika 7.: Satelitski snimak nagiba padina na području općine Doboj Istok (Izvor: Google Maps, grafički prilagodio Damir Baraković)

## 7. Sinteza geomorfološke analize područja

Područje Doboj Istok se nalazi u sjeverozapadnom dijelu Tuzlanskog kantona čija površina iznosi oko 41 km<sup>2</sup>.

Petrografski i geološki sastav područja raznovrstan. Stijene koje izgrađuju teren su pretežno mezozojske, tercijarne i kvartarne starosti, mada ima i onih koje su stvarane u paleoziku.

Na analiziranom području inicijalne crte u morfogenezi sveukupnih oblika reljefa dala je staroalpska orogeneza, tektonski pokreti dinarskog pravca pružanja, jezerska abrazija nekadašnjeg Sprečkog zaliva i jezera kao fluviodenudacioni procesi koji su usloveli stvaranje fluviodenudacionih površina i fluvijalnih terasa. Reljef je brdsko-nizijski.

Klima je umjerenokontinentalna. Prosječna godišnja temperatura iznosi 10,1°C, najhladniji mjesec je januar, a najtopliji juli. Okosnicu hidrografske mreže čini rijeka Spreča koja protiče južnim dijelom područja.

Kompleksnom geomorfološkom analizom, utvrđeno je da su na ispitivanom i analiziranom području razvijeni različiti tipovi reljefa (tektonski, erozivni i akumulativni) i utvrđene su zone sa pojačanom erozijom i akumulacijom uz primjenu analize energije reljefa i nagiba padina.

Raznovrsne neotektonske morfostrukture i savremene morfoskulpture u reljefu analizirang područja genetski su vezane za uzajamno i antagonističko djelovanje neotektonskih pokreta i savremenih egzogenih geomorfoloških procesa koji su se odvijali u i na površini zemljine kore u širem prosatoru analiziranog područja.

## 8. Literatura:

- Andovski T., Ahmetaj I., Bogdanović Ž., & saradnici.,** 1992.: Geomorfološka karta Jugoslavije. R-1:500.000, Savez geografskih društava Jugoslavije, Geokarta Beograd, Geografski institut, Odbor za geodinamiku, SANU, Beograd.
- Baraković, A.,** 2008.: Geomorfologija. Univerzitetski udžbenik, Univerzitet u Tuzli, 269, Tuzla.
- Baraković, A.,** 2007.: Opća geologija. Univerzitetski udžbenik, RGGF Univerziteta u Tuzli, 374, Tuzla.
- Baraković, A.,** 2007.: Primijenjena geomorfologija. (pisana predavanja za postdiplomski studij) RGGF Univerziteta u Tuzli, 96, Tuzla.
- Baraković, A. & Baraković, D.,** 2005: Geotektonsko-strukturne i hidrogeološke odlike centralnog dijela sprečanske rasjedne zone – Gračanica. Zbornik radova RGGF Univerziteta u Tuzli, broj: XXIX/I, 19-26, Tuzla.
- Baraković, A., Mešković, A., & Baraković, D.,** 2007.: Geomorfološko-tektonska analiza Sprečanske depresije. Zbornik radova PMF Univerziteta u Tuzli, broj 2-3, 45-59, Tuzla.
- Baraković, D.,** 2008.: Morfostrukturni procesi u središnjem dijelu sprečanske depresije i njihov uticaj na hidrotermalnu aktivnost. Magistrski rad, RGGF Univerzitet u Tuzli, 102, Tuzla.
- Bušatlija, I.,** 1987.: Geomorfološka karta Bosne i Hercegovine, SANU, Beograd.
- Čičić, S.,** 2002.: Geološka karta Bosne i Hercegovine. R – 1: 300.000, Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Institut za geologiju, Sarajevo.
- Petrović, D. & Manojlović, P.,** 2003.: Geomorfologija. Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, 492, Beograd.
- Vidović, M.,** 1973. : Neotektonska građa Bosne i Hercegovine. Arhiv za rudarstvo i tehnologiju. Institut za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja, Tehnološki fakultet i Rudarski fakultet Sarajevskog univerziteta, 43-48, Tuzla.
- WEB site,** 2008.

# **GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE OKOLINE PEĆINSKOG SUSTAVA VJETRENICA KOD ZAVALA U POPOVOM POLJU, BIH, UZ PRIMJENU METODA DALJINSKE DETEKCIJE**

**Enes Šerifović, Amer Smailbegović**

Pećinski sustav Vjetrenice u blizini mjesta Zavala u Popovom Polju, BiH, predstavlja prirodni biser sa aspekta bogatstva živog svijeta, bogate istorije okolnog kraja koja se prepliće sa Vjetrenicom, napora istraživača u istraživanju i dužine pećinskog sustava.

Zbog svih pobrojanih osobina, naporima Speleološke udruge Vjetrenica, Vjetrenica je dospjela na Smaragdnu listu zaštićenih pećinskih sustava i predložena je na UNESCO-vu listu prirodne baštine.

Rad o geološkoj građi i tektonici šireg prostora Vjetrenice predstavlja sintezu podataka; dosadašnjih geoloških istraživanja, novog premjera prostorija pećinskog sustava, analizu satelitskih snimaka sa aspekta tektonike i morfologije, kao i dosadašnjih regionalnih hidrogeoloških istraživanja.

Tokom analize koristili smo multispektralne satelitske sisteme ASTER i Quickbird u svrhe interpretacije kompleksnih geo-morfološke pojava karstnog terena, u srednjoj i visokoj prostornoj rezoluciji, te digitalne modele reljefa izrađene putem ASTER snimka. Uspoređivanje podataka sa geološkom građom je izvršeno preko djela OGK list Ston, djela OGK list Trebinje, i snimljene situacije pećinskog sustava. U svrhu boljeg sagledavanja, kontrole i povezivanja podataka regionalnih istraživanja i obrađenih geoprostornih podataka, izvršen je terenski obilazak djela same Vjetrenice kao i veliki dio zaleđa, koji je bio pristupačan.

Istraživanjem šireg prostora pećinskog sustava Vjetrenice sa aspekta geološke građe, tektonskih odnosa, morfologije i hidrogeoloških odnosa ima za cilj postavljanje temelja za adekvatnu zaštitu ovog prirodnog bisera u kojem se poštuje postupnost u istraživanju. Sa regionalnog prostora se sistematski prelazi na samu kompleksnu strukturu Vjetrenice što omogućava bolju korelaciju podataka, usmjerava dalja istraživanja i postavlja temelje za analizu geneze i nastanka pećinskog sustava ove veličine, što ujedno stvara i fundamentalne predušlove za adekvatnu zaštitu.

Autori ovog rada ovim daju svoju podršku aktivnostima Speleološke udruge Vjetrenica na poslovima zaštite pećinskog sustava Vjetrenice kao jedinstvenom geološkom i biološkom fenomenu.

## 1. Uvod

Prve pisane podatke o istraživanjima Vjetrenice nalazimo kod J. Vavrovića (1893) a poslije M. Malez (1970) kada je otkriven kostur leoparda je dao pregled dosadašnjih radova koji ubrajaju radove: A. Hiljfering (1873), H. Mihaukivuč (1887), S. Milojević (1928, 1938), M. Radmanović (1929), M. Malez i Z. Pepeonik (1969).

U novije vrijeme urađeno je geodetsko snimanje kanala pećinskog sustava od strane D. Bakšića i drugi. (2002) kao i pregled geološke građe šireg prostora S. Čičić (2002). Međutim pored brojnih istraživača malo je konkretnih izvještaja o samim istraživanjima sa pregledom aktivnosti i rezultatima koji bi bili dostupni.

Prilikom ovih istraživanja korištena je postojeća dokumentacija listovi OGK Ston i Trebinje, HG karta Jugoslavije, prateći tumači za ove listove i pojedinačni radovi iz oblasti tektonike. Tokom analize koristili smo multispektralne satelitske sisteme ASTER i Quickbird u svrhe interpretacije kompleksnih geo-morfoloških pojava karstnog terena, u srednjoj i visokoj prostornoj rezoluciji, te digitalne modele reljefa izrađene putem ASTER snimka.

Obavljen je obilazak područja koje grubo možemo okonturiti; Vjetrenica do Velikog jezera, obilazak izvorišta Lukavac, nakon čega se pristupilo obilasku masiva u zaleđu Vjetrenice na potezu Zavala- Golubinac- Kijevo-Kijev Do - Belenići – dio puta prema Brekovcu, a drugi dan se prošlo putem u rekonstrukciji Ravno-Zavala.<sup>25</sup>

## 2. Geografske karakteristike

Vjetrenica se nalazi u JI Hercegovini na južnom obodu Popova polja u neposrednoj blizini naselja Zavala općina Ravno, FBiH. Komunikacijski povezana je lokalnim putem na magistralni pravac Stolac – Ljubinje -Trebinje i to kao ogranak ovog puta koji prolazi i veže Ravno-Zavalu (BiH) i Slano (RH).

Blizina granice sa Republikom Hrvatskom i izlazak na Jadransko more može biti jedan od značajnih elemenata mogućeg turističkog razvoja ovog kraja ako se trenutni „malogranični“ prijelaz samo za lokalnu upotrebu podigne na regularni granični prijelaz.

Morfološki teren je veoma raščlanjen (Prilog 1.) i u njemu dominira Popovo polje (243 m.n.v.) koje u odnosu na okolne vrhove ima visinsku razliku i preko 1000 m. Najmarkantniji vrhovi pripadaju planini Bjelašnici sjeverno od Vjetrenice, južno masivu Boban dok na sjeverozapadu to je masiv Bratogošac i na jugozapadu nad dolinom Dubrave dominira Ilijino brdo. Na Bjelašnici najviša kota je Siljevac 1297 m.n.v., u okviru masiva Boban dominira kota Zečija gl. 908 m.n.v., Bratogošcem dominira V.vrh sa 871 m.n.v. a samo Ilijino brdo ima kotu 987 m.n.v..

---

<sup>25</sup> Tokom prvog dana pored domaćina Ive Lučića bili su prisutni geolozi Sedin Alispahić, Goran Glamuzina i Enes Šerifović, drugi dan su pored domaćina bili geolozi Sedin Alispahić i Enes Šerifović, obradu satelitski snimaka je izvršio Amer Smalbegović.

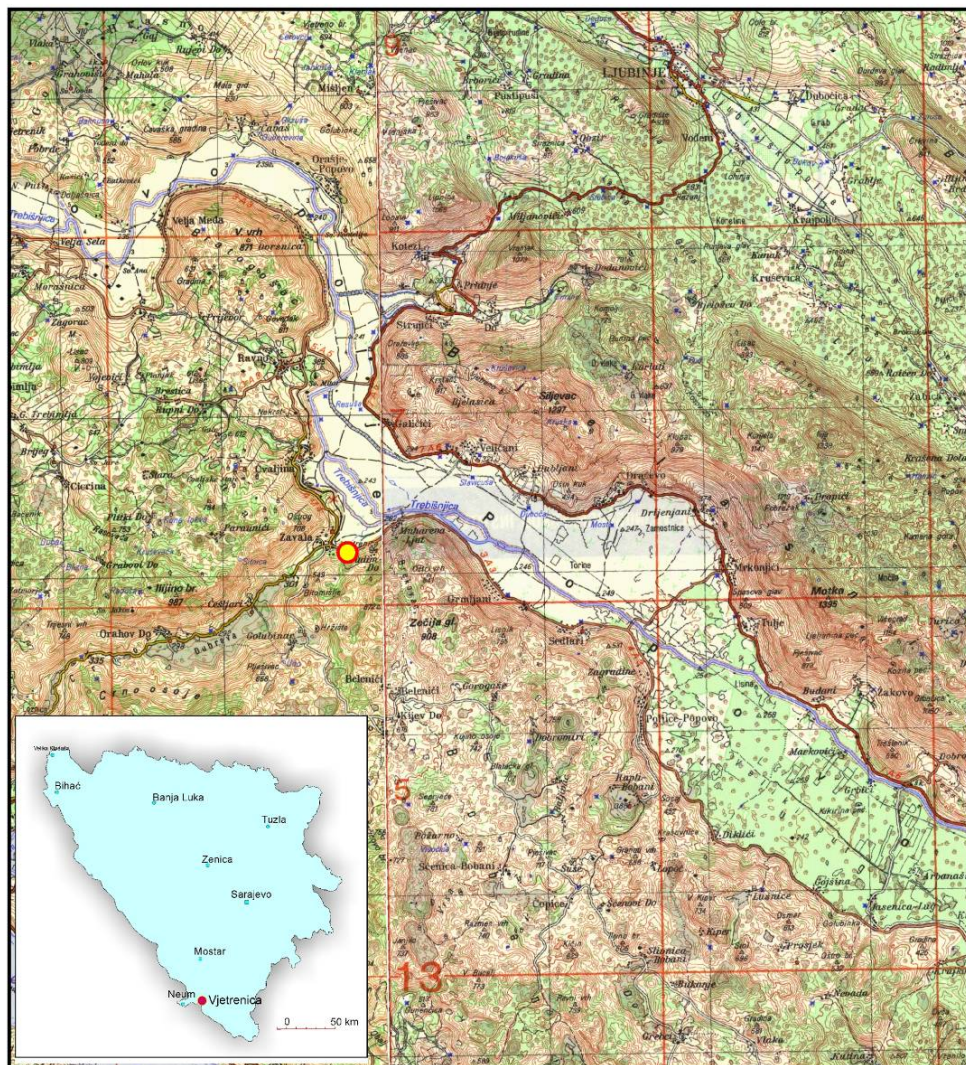


U neposrednoj blizini Vjetrenice prolazi korito rijeke Trebišnjice koja teče od Hutova do Trebinja u najvećem dijelu toka izvršena je melioracija polja i betoniranje korita rijeke. Najznačajnije izvorište u neposrednoj blizini Vjetrenice je izvor Lukavac, osnovna karakteristika je njegovo periodično izbijanje na površinu i tok prema Trebišnjici. Tokom većeg dijela godine do same vode je potrebno se spustiti urađenim putem u jamu dubine do 10m.

Brojne su manje i veće speleološke pojave i objekti u blizini Vjetrenice; sjeverno to su na masivu Bjelašnice; Dračevo i pećina podno Siljevca, južno u blizini Vjetrenice su pećine Bitomišlje i Hržište, na lokalnom putu u sanciji Ravno – Zavala radovima usjecanja su otkrivene brojne manje pećine i kaverne. Dok su na samom Popovom polju registrirani brojni ponori i estavele na 1km<sup>2</sup> dolazi 7,4 pojave (ukupno u Popovom polju oko 500 pojava).

Trenutno bliži prostor Vjetrenice je slabo naseljen kao posljedica ratnih aktivnosti i praktično su napuštena naselja Zavala i Čvaljina a malobrojni povratnici samo periodično borave u pojedinačnim obnovljenim objektima.

Geografski položaj pećine Vjetrenica kod Zavale, Popovo polje.  
M 1:50 000



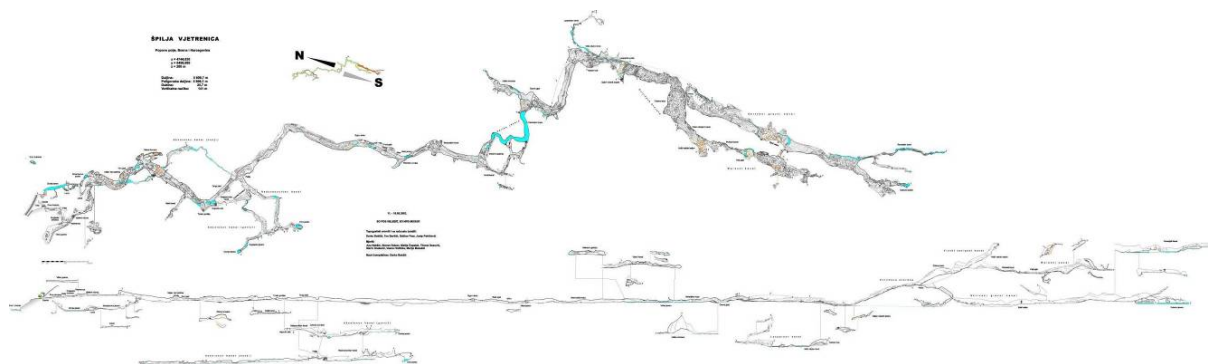
Prilog br. 1; Geografski položaj pećine Vjetrenice kod Zavale, Popovo polje, BiH.

### 3. Osnovne karakteristike pećinskog sustava

Koordinate ulaza u Vjetrenicu su; x:4 744 630, y:6 499 080 i z:268, osnovne karakteristike pećinskog sustava Vjetrenice su pružanje njenog glavnog kanala približno SZ-JI kanal se na više mjesta lomi u manjim dionicama po pravcu S-J ukupna izmjerena dužina kanala je 5987,1 m, vertikalna razlika najniže i najviše tačke iznosi 141 m . Prema urađenom planu špilje i profilu možemo govoriti o debljini nadsloja prvi dio neposrednog ulaza ima nadsloj oko 130 m, središnji više od 220 m završni dio ima približnu debljinu od oko 450 m.

Termin pećinski sustav upotrebljavam sa aspekta geološke građe, tektonike šireg prostora i brojnim registrovanim špiljama u bližoj okolini koje su vjerojatno u vezi sa samom Vjetrenicom. Za sada u Vjetrenicu postoji samo jedan prohodan ulaz u kojem postoji jaka zračna struja po čemu je i sama Vjetrenica dobila ime što upućuje na pećinski sistem. Pećinski sistem u većem dijelu je približno horizontalan i blago nagnut prema Popovom polju uz iznimku par kraćih dionica, presjek kao i izgled glavnih kanal govore u prilog njenoj davnoj hidrološkoj funkciji jakog periodičnog vrela prema Popovom polju.

Produbljivanjem erozionog bazisa definirale su se dvije etaže, trenutna hidrološka aktivnost se obavlja preko izvora Lukavac u neposrednoj blizini ulaza u Vjetrenicu a na samom rubu Popovog polja. Pored ovoga u samoj Vjetrenici postoji i stalna vodena masa Velikog jezera dok tokom hidrološkog maksimuma sam glavni kanal postaje neprohodan.



Prilog br.2.Plan i profil pećinskog sustava Vjetrenice.

Glavna crta većine kanala je odsustvo pećinskog nakita što je karakteristika protočnih kanala, koji u pogledu Vjetrenice dreniraju vode iz zaleđa dok promjene smjera kanala govore o tektonici koja je učestvovala u njenom formiranju.

## 4. Geološka građa terena

Osnovnu crtu geološkoj građi šireg prostora daju krečnjačke, dolomitne i krečnjačko-dolomitne tvorevine jure i krede, prema autorima OGK list Ston i list Trebinje jura je raščlanjena na:  $J_{1,2}$  (jura), lijas-doger,  $J_3^{1,2}$  (jura), oksford-kimeridž  $J_3^{2,3}$  (jura), kimeridž-portland. (Prilog br.5, 6 i 7.)

Kreda je raščlanjena na:  $^1K_1$  (kreda), otriv-barem,  $^2K_1$  (kreda), dio barema-cijeli apt-dio alba,  $K_{1,2}$  (kreda), alb-cenoman,  $K_2^{1,2}$  (kreda), cenoman-turon i  $K_2^3$  (kreda), senon.

Ograničeno su zastupljene paleocensko-eocenske tvorevine dok kvartar dominira Popovim poljem kao aluvijalna tvorevina rijeke Trebišnjice, u ograničenom obimu se javljaju proluvijalni materijali i produkti površinskog raspadanja kao što je crvenica.

Registrovane tvorevine tektonski pripadaju Navlaci visokog krša, tektonski su razlomljene sa slabom vegetacijom i predstavljaju idealnu sredinu za pojavu brojnih kraških pojava kao što su: pećine, jame, ponori i uski klanci, a na samoj površini krečnjačkih masa se javljaju brojne škrape.

### 4.1 Stratigrafija

#### **$J_{1,2}$ -Jura, lijas-doger**

Na geološkoj karti su registrovane ( $J_{1,2}$  Oolitni i pseudoolitni krečnjaci s saliporelama) na krajnjem JI predstavljene su sa oolitnim i pseudoolitnim krečnjacima sive boje koji su slaboslojeni do neuslojeni, rijetko ih prate i to pretežno u središnjem dijelu dolomiti i dolomitični krečnjaci. (Prilog br.6.)

Debljina ove serije iznosi oko 280 metara.

#### **$J_3^{1,2}$ -Jura, oksford-kimeridž**

Ove tvorevine ( $J_3^{1,2}$  Krečnjaci s kladokoropsisima) se također nalaze na JI dijelu geološke karte, kontinuirano su taložene preko lijas-dogerskih tvorevina. Predstavljene su krečnjacima sa čestim izmjenama sivih i smeđesivih dolomita. Na osnovu fosilnih ostataka su izdvojene kao oksford-kimeridž a debljina ove jedinice iznosi oko 300 m.

### **J<sub>3</sub><sup>2,3</sup> -Jura, kimeridž-portland**

Ove tvorevine (J<sub>3</sub><sup>2,3</sup> Krečnjaci i dolomiti s klipinama) su predstavljene krečnjacima i dolomitima različitog facijalnog razvoja gdje se pravi jasna razlika između tvorevina između Kijev dola i Slanog od tvorevina okoline Zavale. Potez Kijev do – Slano karakterišu sivi, svijetlosivi i bjeličasti krečnjaci sa brojnim nalazima alge *Clypeina jurassica* u kojim dolaze tanji proslojci dolomita, koji se bočno i vertikalno izmjenjuju sa krečnjacima.

Dok je za područje Zavale karakteristična pojava dolomita sive i tamnosive boje sa proslojcima krečnjaka, njihova pripadnost utvrđena superpoziciono i na osnovu litološkog izgleda. Vapnenci se javljaju u gornjem dijelu stuba preko kojeg normalno leže tvorevine starije krede.

Tokom terenskog obilaska u neposrednoj blizini ulaza u Vjetrenicu su registrirani uslojeni krečnjaci sive boje foto.1. dok su na potezu Belenići – potok Brekovac foto.2. registrovani dolomiti tamnosive boje. Dok je u otvorenom profilu novog puta Čvaljina – Zavala registrirani sivi masivni dolomit.

Debljina ovih naslaga iznosi 350 m.



Foto 1. Sivi uslojeni krečnjaci kimeridž-portlandske starosti u neposrednoj blizini ulaza



Foto 2. Masivni dolomiti na potezu Belenići – potok Brekovac

### **<sup>1</sup>K<sub>1</sub> -Kreda, otriv-barem**

Na posmatranom području ovo su najrasprostranjenije tvorevine (<sup>1</sup>K<sub>1</sub> Krečnjaci i dolomiti s favreinama, tintininama i nerinama) pružaju se u dvije odvojene zone, prva centralna SZ-JI na potezu Rupni Do- Budin Do- vrh Dobromir a u druga zauzima prostor JZ na potezu Crno osoje – Kijev Do. (foto.3 i foto.4.)

Niže djelove ove serije prema autorima tumača za OGK list Ston i Trebinje izgrađuju krečnjaci sa proslojcima dolomita dok su gornji dijelovi ove serije izgrađuju pretežno krečnjaci. Krečnjaci su masivni i bakoviti a na osnovu petrografskih analiza najčešće su predstavljeni sa alohemo-sparitskim i alohemo mikritskim krečnjacima . glavna karakteristika ovih krečnjaka visok sadržaj CaCO<sub>3</sub> koji se kreće između 99,60 do 99,98% a procent ne rastvorenog ostatka od 2,0-1,4 predstavlja glinovite organske materije i kvarc.

Na osnovu brojne faune a prije svega na osnovu favreina i superpozicije ove su serije razvrstane u starije naslage donje krede odnosno odgovaraju otriv-baremskoj starosti. Njihova debljina je procijenjena na 500 m.



Foto 3. Masivni krečnjaci otriv-baremske starosti na usjeku puta za Beleniće



Foto 4. Bankoviti i uslojeni krečnjaci otriv-baremske starosti u masivu iznad pećinskog sustava Vjetrenica

### **<sup>2</sup>K<sub>1</sub> -Kreda, dio barema-cijeli apt-dio alba**

Nalazimo ih u više odvojenih zona (<sup>2</sup>K<sub>1</sub> Krečnjaci s orbitolinama i salpingoporelama) koje prate tvorevine starije krede krečnjaka i dolomita sa favreinama preko kojih kontinuirano leže, ove su tvorevine jako poremećene i izrasjedane, predstavljeni su krečnjacima i rjeđe dolomitima. Krečnjaci se češće javljaju u donjem dijelu serije dok su dolomiti kao proslojci češći u gornjem dijelu serije.

Glavna karakteristika ove serije je dobra uslojenost koja se kreće u intervalu 20-60cm i veliki sadržaj  $\text{CaCO}_3$  do 99,99% a ne rastvoreni ostatak su glinene čestice i rijetko kvarc. Petrografski to su alohemo sparitski, alohemo mikritski i mikritski krečnjaci.

Prema mikrofosilnoj zajednici koja nije svugdje jednako rasprostranjeni i superpozicije ove naslage zahvaćaju dio barema, cijeli apt i jedan dio alba, debljina je procijenjena oko 450 m.

### **K<sub>1,2</sub> -Kreda, alb-cenoman**

Izdvojene su po pružanju kako prate serije starije krede pravcem SZ-JI, na potezu Ravno – Grmljani, zatim zapadno na potezu Češljari – Orahov Do i manje iskraljuštane mase na potezu Grabov Do – Rupni Do.

Pretežno se javljaju kao dolomiti i dolomitični krečnjaci, to su pretežno mikroznasti i sitnoznasti dolomiti u kojima ima dosta kalcitnih zrna. Krečnjaci koji se javljaju u ovoj seriji su tamnosmeđe i svijetlo smeđe boje, petrografski to su mikriti, fosilonosni mikriti, biomikriti, dolomitični mikriti i intramikriti. (foto.5.)

Iako su ove serije granica postupnog prelaza između starijih i mlađih naslaga autori OGK listova Ston i Trebinje su ih izdvojili kao alb-cenomanske tvorevine procjenjujući debljinu na 450 m.



Foto 5. Dolomiti i dolomitični krečnjaci kod Ravnog.



## **K<sub>2</sub><sup>1,2</sup> -Kreda, cenoman-turon**

Kontinuirana sedimentacija se nastavlja i u gornjoj kredi a na karti se nalaze u II dijelu na potezu Galinčići – D. Grmljani – Šiljevac. Predstavljani su sa dobro uslojenim krečnjacima koji se često izmjenjuju sa dolomitima i dolomitičnim krečnjacima. Debljina slojeva varira od 30-60 cm imaju visok sadržaj CaCO<sub>3</sub> do 99,98% ne rastvoreni ostatak je predstavljen organsko-glinovitom materijom a rijetko se nalaze kvarc, rožnjac i silicijske materije.

Starost je određena na osnovu fosila i super pozicije i izdvojeni su kao cenoman-turon a debljina im je procijenjena na oko 400m.

## **K<sub>2</sub><sup>3</sup> -Kreda, senon**

Izdvojenu su kao dvije manje mase u SI djelu karte predstavljeni su bankovitim ili masivnim krečnjacima svjetložute do bijele boje, svjetložuti tankouslojeni krečnjaci su djelomično laporoviti. Od faune sadrže najčešće slabo očuvane ljušture rudista izdvojene su kao senon.

## **Pc,E -Paleocen-eocen**

Paleocen eocenske tvorevine su izdvojene kao uska zona sjeverno od Veličana, diskordantno leži preko senonskih tvorevina gornje krede. Predstavljen je sa alveolinsko numulitskim krečnjacima, organogeno-detritičnim slojevitim do bankovitim krečnjacima ponekad sa pojavama rožnjačkih mugli, svijetlosmeđe do bijele boje.

## **Q -Kvartar ts, pr, al**

Tvorevine kvartara su predstavljene ts (terra rosa) crvenicom koja je registrovana istočno od Kijev Dola, pr- proluvijalne tvorevine kod Orahovog Dola i aluvijum Popovog polja.



Foto 6. Aluvijalna zaravan Popovog polja

#### 4.2. Tektonika

Širi prostor pećinskog sustava Vjetrenica se nalazi u zoni Navlake visokog krša, prostor je ispresjecan brojnim rasjedima, dva glavna pravca pružanja rasjeda (J. Marić):

1. longitudinalni rasjedi SZ-JI
2. meridijalni rasjedi S-J

Prva grupa obuhvata najčešće regionalne rasjede (često reversne) koji imaju karakterističan dinarski pravac pružanja pored ovih u ovu grupu se svrstavaju i brojni rasjedi lokalnog karaktera. Na izrađenoj geološkoj karti su naneseni rasjedi preuzeti sa OGK i rasjedi određeni daljinskom detekcijom. Rasjedi lokalnog karaktera koji su prisutni pružanja SZ-JI i manje postojanosti u masivu iznad same Vjetrenice su najvjerojatnije najodgovorniji za formiranje pećinskog sustava Vjetrenice. Od regionalnih i reversnih prisutna je široka zona navlačenja i kraljuštanja po pravcu, Grabov Do-Češljari-Golubinac-Belenići. (foto.7.)



Foto 7. Čelo navlake Grabov Do-Češljari-Golubinac-Belenići

Druga grupa rasjeda pravca S-J su karakteristični sa aspekta da presijecaju i horizontalno dislociraju mase okonturene prvom grupom reversnih rasjeda, na izrađenoj karti to bi bili rasjedi; Čvaljina-Golubinac (Dubrave) koji je pružio osnovu za razvijanje doline kojom prolazi put za Slano (HR) (foto.8.), Zavala-Belenići, Kijev Do.



Foto 8. Pogled na Dubrave

Analizirajući geološku kartu sa aspekta tektonike moguće je jasno izdvojiti blok Vjetrenice (Prilog br.7) koji je izdvojen sa reversnim rasjedom (zonom kraljuštanja) koja prolazi južno od poteza Golubinac-Belenići, i dva rasjeda pružanja Čvaljina-Golubinac i rasjedom istog pružanja koji prolazi Kijevim Dolom.

Sam blok je presječen rasjedom Budin Do-Belenići koji prema postavljenom pružanju pećinskog sistema u kombinaciji sa brojnim manjim rasjedima za sada utvrđenih samo daljinskom detekcijom je „dao“ tektonske preduslove za formiranje Vjetrenice.

Rasjed Kijev Do prolazi koritom potoka Brekovac iako je na OGK list Trebinje naveden kao „fotogeološki“ zapažen. Ovaj rasjed prema viđenom na terenu dovodi u bočni kontakt dolomite jure  $J_3^{2,3}$ -kimeridž-portlan sa krečnjacima krede  $^1K_1$  - otriv-barem.

## **5. Hidrogeološke karakteristike posmatranog područja**

Hidrogeološke karakteristike šireg prostora pećinskog sistema Vjetrenice su u direktnoj vezi sa geološkim sastavom, tektonikom i morfologijom terena. Širi prostor u litološkom pogledu karakterišu debele tvorevine krečnjaka, dolomita, dolomitičnih krečnjaka, kao i čestih izmjenjivanja ova dva člana kako u profilu tako i bočno. Kao posljedica razlomljenosti krečnjaci ovog prostora su vodopropusni, dok je uloga dolomita nešto složenija u zavisnosti od položaja u profilu i debljine, kao posljedica razlomljenosti tanji proslojci i slojevi najčešće su vodopropusni. Međutim ako su masivniji i uklješteni npr. u šarnirima antiklinala zbog svojih petrografskih osobina predstavljaju podzemne barijere koje kontrolišu kretanje podzemnih voda.

Na geološkoj karti ako posmatramo prostor izdvojenog bloka Vjetrenica a na osnovu opisa autora tumača za OGK list Ston koji podvlače razliku između dolomita registrovanih južno i istočno od Vjetrenice i dolomita zapadno od nje. Južno i istočno su registrovani masivni sivi dolomiti ( $J_3^{2,3}$ ) kimeridž-portlandske starosti koji zbog svoje masivnosti predstavljaju podzemne barijere.

Ovakav pogled zastupa mišljenje da je tektonski blok Vjetrenica u hidrogeološkom smislu predstavlja zasebnu cjelinu u čijem se profilu u podini nalaze vodonepropusni dolomiti. Bočno su ovi dolomiti u rasjednom kontaktu na krečnjacima krede izdvajajući u zasebnu i zatvorenu hidrogeološku cjelinu blok Vjetrenice.

## **6. Metodologija obrade satelitskih snimaka**

Metodama daljinske detekcije smatra se snimanje i interpretacija elemenata terena sa distance (uključujući geologiju, geomorfologiju, pedologiju, botaniku, hidrografiju, te antropološke uticaje na životnu sredinu) bez fizičkog dodira sa sredinom. Pod daljinsku detekciju se obično svrstavaju geofizička, geodetska, zračna i satelitska snimanja terena putem optičkih, multispektralnih, hiperspektralnih i senzora elektromagnetnih polja.

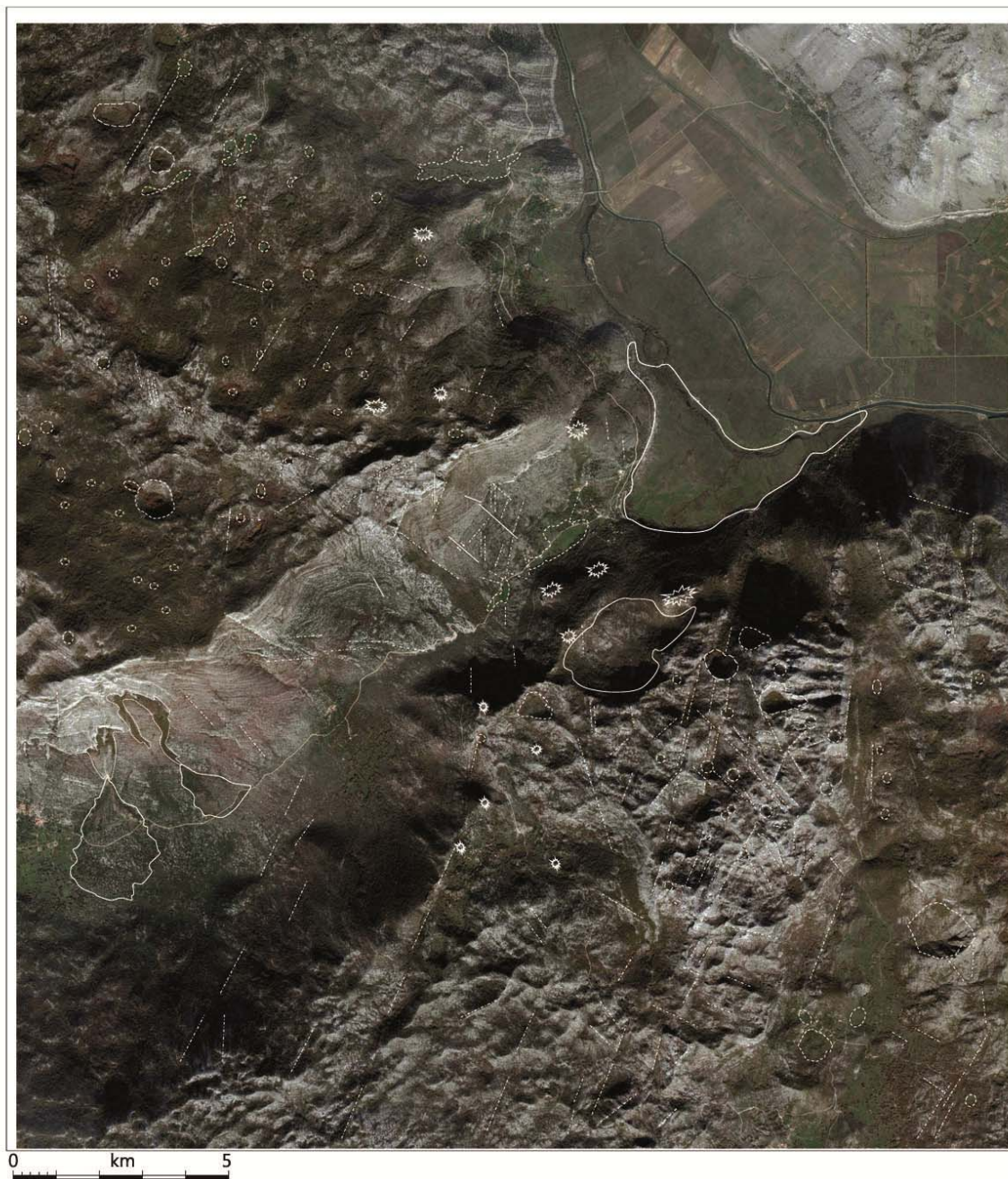
## **6.1. Geomorfologija - Quickbird**

Quickbird snimak u rezoluciji od 1m (Prilog br.3.), prilagođen je za interpretaciju u užoj zoni Vjetrenice elementima vizualnog prepoznavanja karstnih oblika, sedam različitih kategorija su označene na snimku: topografski lineamenti, vrtače/uvale, zubci - hridi, terase, koluvijalne lepeze, kolapsne strukture, pretpostavljeni rasjedi.

Sa stanovišta strukturalne studije, od posebnog interesa bilo je osmotriti pojave linearnih struktura u užoj regiji Vjetrenice, kako bi se utvrdila raščlanjenost terena i stvaranje mogućih tektonski predisponiranih pravaca za djelovanje vode, ali istovremeno na boljoj rezoluciji prikazati ukrštanje i ponašanje uočenih rasjeda.

Podaci visoke rezolucije ukazuju da u području „bloka“ Vjetrenice dolazi do brojnih rasjedanja i do brojnog formiranja kružnih depresija; vrtača i ponora.

U kombinaciji sa DMR, podaci također pokazuju da je zapadna strana doline Dubrava uzdignuta naspram istočne strane. Pojava uzdignute koluvijalne terase u blizini mjesta Zavala, gdje se Dubrava povezuje sa Popovim poljem, također ukazuju da je uzdizanje relativno skorijeg datuma, te da erozija duž riječnog toka Trebišnjice, još nije značajno erodirala koluvijalne nanose na ulazu u Dubravu.



Prilog 3. Quickbird snimak u rezoluciji od 1m

Prilog.3. – Geomorfološka kategorizacija područja Dubrava-Zavala-Vjetrenica.

Istočna strana kompleksa je raščlanjena sa brojnim pojavama ukrštanja rasjeda. Istočna strana Dubrave ima daleko manji broj rasjeda i ima karakteristike izdignutog, ravnog platoa sa daleko više ponornih struktura. U raščlanjenom terenu Vjetrenice, povećava se mogućnost stvaranja podzemnih prostorija, odnosno špiljskih sustava.

## **6.2. Mineraloška karta – ASTER**

Sa geološkog aspekta, područje Vjetrenice je svrstano u karbonatnu platformu Dinarida, (Navlaka visokog krša) odnosno fliša, sa pojavama gline i bituminoznih škriljaca (Hrvatovic, 1999). Sa mineraloškog aspekta situacija je komplicirana zbog različitih tipova krečnjaka, dolomita, ali i pojava glina, željeznih oksida, razvijanja tla itd. Sa geomorfološke strane, mineraloško-pedološka kategorizacija terena je interesantna jer umnogome doprinosi razvijanju cjelokupne geomorfologije terena, raščlanjivanju, eroziji ali i vodotocima, odnosno kemijskom djelovanju vode na površinu.

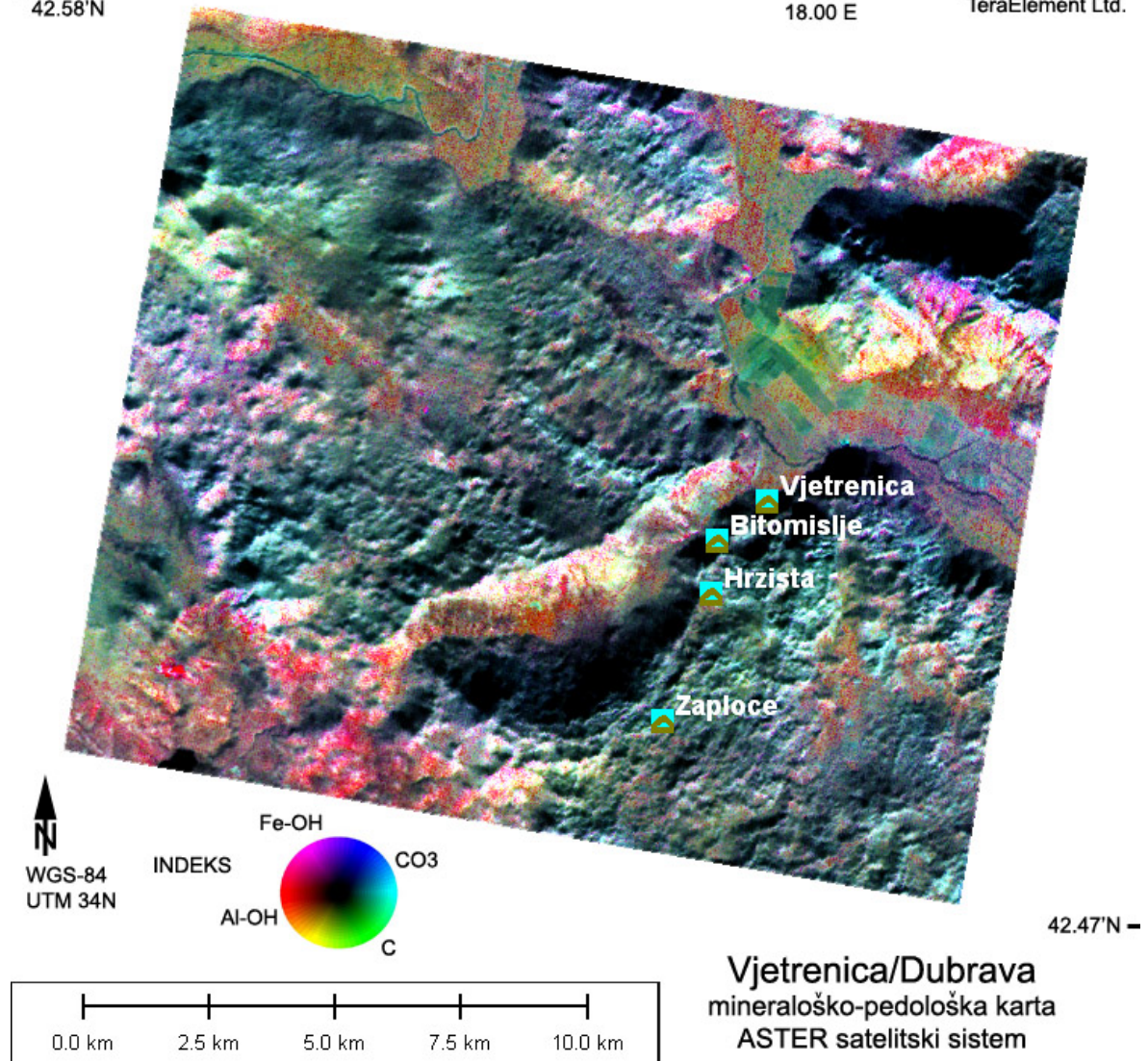
Kategorizacija tla sa instrumentom ASTER ukazuje uglavnom na karbonatnu osnovicu, sa tim da su dolomiti rasprostranjeniji ka zapadu i jugu, dok krečnjaci zauzimaju centralno područje studije. U bližoj okolini Vjetrenica, spektroskopski podaci uglavnom ukazuju na relativno čist krečnjak sa manjim primjesama minerala gline u dolinama (uglavnom montmorionit). Na izloženim padinama dolazi do formiranja supergenih Fe-Mn minerala (uglavnom getit, piroluzit, psilomelan), mada u donjem dijelu doline Dubrava postoje značajnije koncentracije hematita, pomiješanog sa glinama. Obradeni ASTER snimak (Prilog br. 4.) pokazuje da na karbonatnoj platformi postoji daleko više mineraloških varijeteta.

Sa obzirom na geomorfologiju, može se uočiti da je bliža okolina Vjetrenice, sa mineraloške strane jednoobrazna i sastavljen od čistijih krečnjaka, sto umnogome doprinosi lakšem kemijskom djelovanju vode. Uočljiva je i vrlo mala koncentracija minerala gline (pojava tla) u istočnoj dijelu.

42.58'N

18.00 E

TeraElement Ltd.



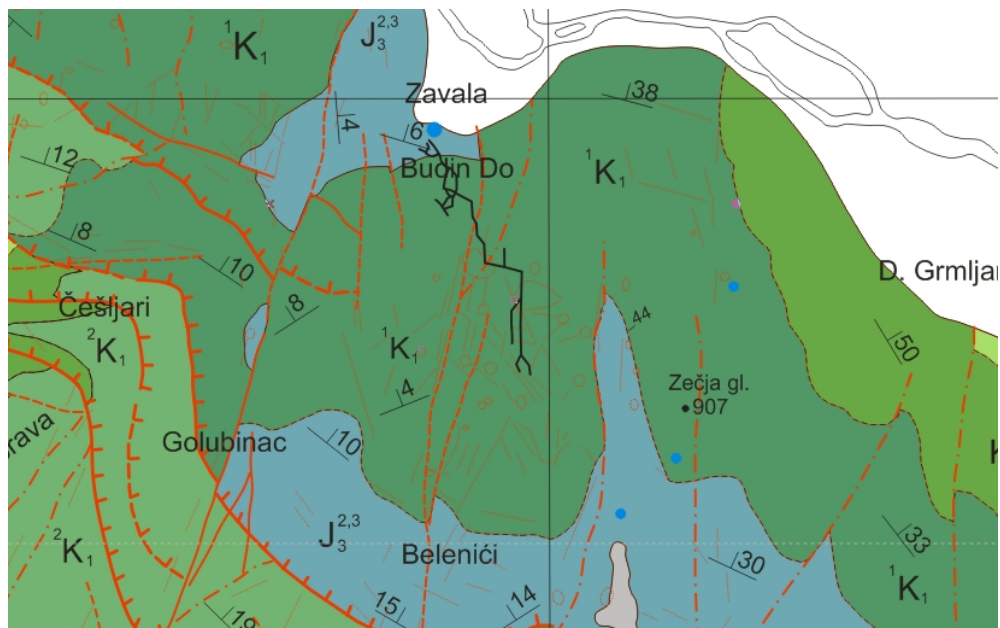
Prilog 4. Mineraloško pedološka karta - ASTER satelitski snimak.

## 7. Korelacija podataka

Nakon prikupljanja osnovnih podataka o geologiji, tektonici, hidrogeološkim karakteristikama i morfologiji šireg prostora pećinskog sustava Vjetrenica, izvršena je obrada satelitskih snimaka i dvodnevni terenski obilazak terena. Napravljena je geološka karta (Prilog br.6) na osnovama OGK list Ston i Trebinje na koju su koordinatno prebačeni podaci sa Quickbird snimka u rezoluciji od 1m, podaci sa Mineraloska karta – ASTER su korišteni informativno i korelacijski. Na ovu novu kartu nanoseno je generalno pružanje pećinskog sustava sa konturama glavnih prostorija a u svrhu korelacija glavnih kanala sa mogućim rasjedima koji su registrirani na OGK list Ston i koji su aproksimativno locirani prilikom obrade satelitskog snimka.



Pored tektonike koja stvara preduslov za za hemijsko i fizičko djelovanje vode vrlo je bitna litologija tvorevina u zaleđu Vjetrenice. U razmatranje je uzeta i debljina nad sloja koji sa generalnim padom pećinskih kanala prema Popovom polju govori o davnoj hidrološkoj funkciji Vjetrenice kao jakog periodičnog vrela prema Popovom polju.



Prilog 5. Isječak geološke karte

Na osnovu prikupljenih osnovnih preliminarnih terenskih i korelacije postojećih podataka mogu se donijeti određeni preliminarni zaključci koji bi tek daljim organiziranim istraživanjima dobili potrebnu težinu.

Preliminarne zaključke možemo prezentirati sljedećim redom; Nastanak pećinskog sustava Vjetrenice je kontrolisan povezivanjem brojnih rasjeda u bloku Vjetrenica koji sa aspekta hidrogeologije predstavlja zasebnu cjelinu iz koje se vode dreniraju prema Popovom polju preko izvorišta Lukavac. U prošlosti sama Vjetrenica je predstavljala jako periodično vrelo prema Popovom polju produbljivanjem erozionog bazisa ovu funkciju je preuzeo izvor Lukavac. Povezivanjem i ukrštanjem rasjeda S-J sa rasjedima SZ-JI uz konstantan fizički rad obimnih količina vode došlo je do formiranja pećinskog sistema Vjetrenice i oblikovanja kanala. Blag pad glavnog kanala Vjetrenice i debljina nad sloja sugerira mogućnost nastanka pećinskog sustava na kontaktu  $J_3^{2,3}$  Jura, kimeridž-portland i  $^1K_1$  Kreda, otrivbarem. Okršenost i velika čistoća krečnjačkih tvorevina iznad Vjetrenice govore u prilog mogućeg pronalaska nastavka kanala.

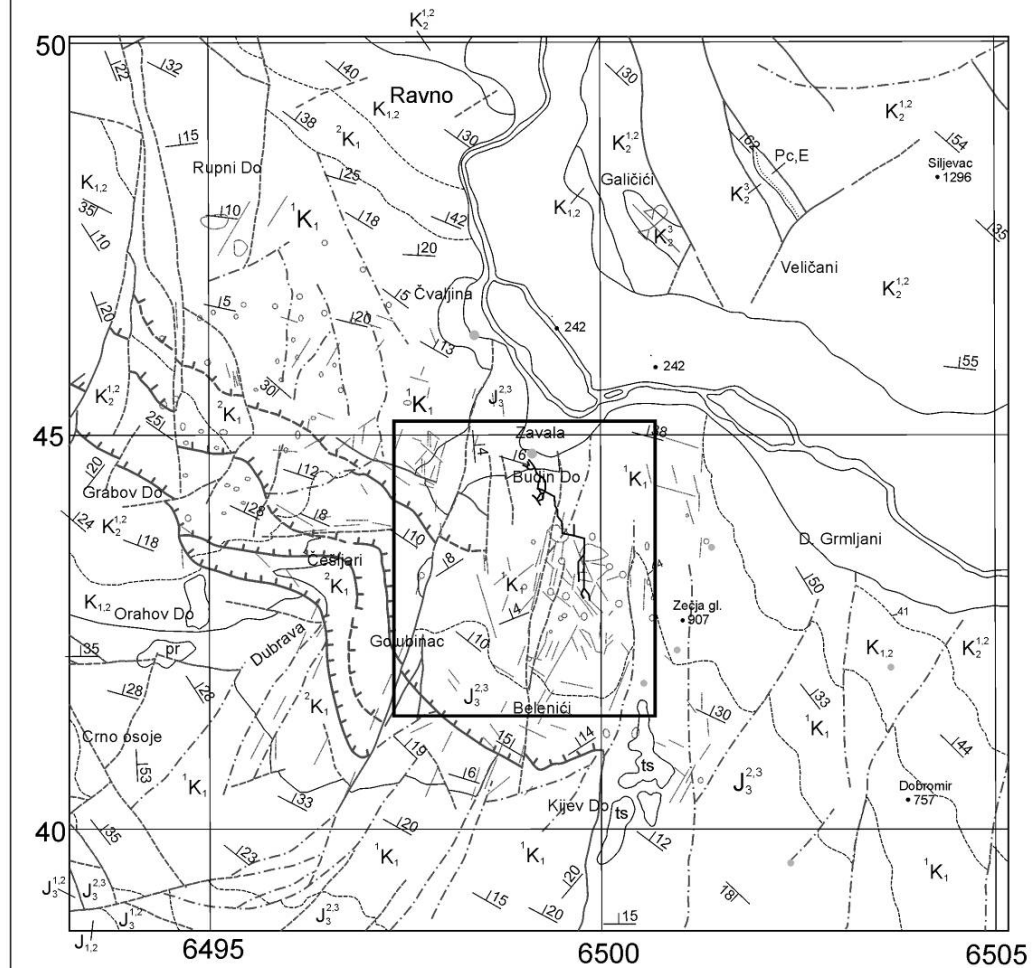
## 9. Prijedlog za dalje istraživanje

Istraživanja koja su sprovedena temeljila su se na dosadašnjim istraživanjima više regionalnog karaktera npr. za potrebe izrade OGK uz dodatne spoznaje koje su prikupljene analizom satelitskih snimaka i ograničenim terenskim obilaskom.

Zaključke nastale u ovoj korelaciji možemo promatrati kao preliminarne spoznaje koje je potrebno potvrditi i dodatno analizirati. Dalja istraživanja treba postaviti tako da se izvrši obimno prikupljanje dosadašnjih istraživanja njihova digitalizacija, izrada baze podataka i kataloga radova. Priprema i prikupljanje geodetskih podloga za područje Vjetrenice u razmjerama koje su na raspolaganju, njihova digitalizacija i geo-pozicioniranje. Na ove podloge je potrebno nanijeti trenutno stanje na terenu, postojeće objekte, aktivna poljoprivredna dobra, vodne objekte raznih namjena i potencijalne zagađivače podzemlja, odnosno izvršiti snimanje postojećeg stanja uz obimnu foto-dokumentaciju. Za dalje aktivnosti je potrebno pripremiti i karte pogodne razmjere sa elementima geologije sa postojeće dostupne dokumentacije koja bi u daljim istraživanjima služila kao radna karta. Radove je potrebno usmjeriti prije svega na detaljno geološko i hidrogeološko snimanje terena iznad Vjetrenice nakon toga detaljno geološko i hidrogeološko snimanje same Vjetrenice. Koji bi nakon prikupljanja i digitalizacije postojećih podataka bilo predmet „Projekta detaljnih geoloških i hidrogeoloških istraživanja Vjetrenice“ u svrhu zaštite ovog bisera prirode.



Geološka karta šireg prostora Vjetrenice  
(listovi OGK-a Ston i Trebinje) M 1:50 000



Legenda kartiranih jedinica

al	Aluvijum
pr	Proluvijum
ts	Crvenica (terra rossa)
Pc,E	Miliolidni, kozinski, alveolinski i numulitski krečnjaci
$K_2^3$	Krečnjaci sa rudistima i keramosferinama
$K_2^{1,2}$	Krečnjaci i dolomiti s hondrodontama (cenoman-turon)
$K_{1,2}$	Krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti (alb-cenoman)
$^2K_1$	Krečnjaci s orbitolinama i salpingoporelama
$^1K_1$	Krečnjaci i dolomiti s favreinama, tintininama i nerineama
$J_3^{2,3}$	Krečnjaci i dolomiti s klipainama (kimeridž-portland)
$J_3^{1,2}$	Krečnjaci s kladokoropsisima (oksford-kimeridž)
$J_{1,2}$	Oolitni i pseudoolitni krečnjaci s salporelama (lijas-doger)

## LITERATURA:

- Filipović. M., i Mićević. Lj. (1959): Popovo u Hercegovini., Naučno društvo NR BiH, Sarajevo
- Ivanković. A., Šarin. A., i Komatina. M., (1983): Tumač za hidrogeološku kartu SFR Jugoslavije, M 1: 500 000, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Marić, J., Fotointerpretacija satelitskog snimka (LANDSAT-1) područja Hercegovine., Geološki glasnik 24-25, Sarajevo.
- Mladenović. J., Uticaj geolitološkog sastava na hemizam podzemnih voda u rejonu Popova polja (Trebišnjica). Geološki glasnik 11, Sarajevo.
- Natević, Lj. (1970.): Osnovna geološka karta 1:100.000. Tumač za list Trebinje SGZ, Beograd.
- Natević, Lj. i Petrović, V., (1963.): Osnovna geološka karta SFRJ, list Trebinje 1:100.000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Olujčić, M., Neke karakteristike tektonike u graničnom području Crne Gore, Dalmacije i Hercegovine na osnovu LANDSAT-snimaka., Geološki glasnik 24-25, Sarajevo.
- Raić, V., Papeš, J. (1982.): Osnovna geološka karta SFRJ, Tumač za list Ston. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Raić, V., Papeš, J. et all (1980.): Osnovna geološka karta SFRJ, list Ston, 1:100.000. Savezni geološki zavod. Beograd.

## DIJABAZ-DOLERITNE STIJENE OKOLINE RIBNICE – GEOHEMIJSKI AFINITET I KLASIFIKACIJA

\*Elvir Babajić, \*\*Zehra SALKIĆ, \*\*\*Senaid SALIHOVIĆ,  
\*\*\*\*Senaid Kovačević, dipl.ing.geol.

**Ključne riječi:** dijabaz/doleriti, geochemija, glavni oksidi, elementi u tragovima, TAS, CIPW, Harker, AFM.

### Abstrakt

Dijabaz-doleritna masa Ribnice smještena je u sjevernom obodu Krivaja-Konjuh ofiolitnog kompleksa (KKOK) i predstavlja najveću koncentraciju ovih stijena o okviru Dinaridske ofiolitne zone (DOZ). Određivanje geochemijskog afiniteta i klasifikacija dijabaz-doleritnih stijena okoline Ribnice izvršena je na osnovu rezultata hemijskih analiza. Hemijske analize glavnih i nekih elemenata u tragovima urađene su AAS metodom. Korištenjem različitih geochemijskih dijagrama i različitih omjera (oksidi/oksidi; elementi/oksidi) dobijeni su podaci o geochemijskom karakteru ispitivanih stijena. Na TAS dijagramu stijene padaju u polje bazalta do bazalto-andezita; CIPW normativni mineralni sastav ukazuje da pretežu salski nad femskim mineralima kao i na znatnu zastupljenost albita. AFM dijagram pokazuje pripadnost kalcijско-alkalijskoj seriji. Harkerovi dijagrami daju određene petrohemijske informacije i ukazuju da je kristalno frakcioniranje odigralo značajnu ulogu u genezi analiziranih stijena.

**Key Words:** diabas/dolerite, geochemistry, major oxides, trace elements, TAS, CIPW, Harker, AFM.

### Abstract

Diabass-dolerite mass of Ribnica is located in the northern part of Krivaja-Konjuh ophiolite complex and present the biggest concentration of this rocks into Dinaride ophiolites zone. Determination of geochemical affinity and classification diabass-dolerite rocks of Ribnica and surrounding areas is based on results of chemical analysis. Chemical analysis of major and some of the trace elements is accomplished by AAS method. Using different geochemical diagrams and different ratio (oxides/oxides, elements/oxides) we obtained data about geochemical character of analysed rocks. On the TAS diagraph rocks belong to fields of basalts and basalt-andesites; CIPW norm calculation shows that salic minerals are predominate than femic minerals and also shows increment of albite content. AFM diagram shows that this type of rocks belong to calc-alkaline serie. Harkers diagram give us certain petrochemical information and shows that crystal fractionation has considerable role in the genesys of analysed rocks.

---

\* mr.sc. Elvir Babajić viši aistent, RGGF Tuzla

\*\* dr.sc. Zehra Salkić, docent, RGGF Tuzla

\*\*\*dr.sc. Senaid Salihović, red.prof., RGGF Tuzla

\*\*\*\*Senaid Kovačević, dipl.ing.geol., RMU Breza

## 1. UVOD

Dijabaz-doleritna masa Ribnice smještena je u sjevernom obodu krivajsko-konjuškog ofiolitnog kompleksa (KKOK) i predstavlja najveću koncentraciju ovih stijena o okviru ofiolitne zone Dinarida (OZD). Dijabazi i doleriti imaju skoro podjednaku učestalost u KKOK-u kao i gabri.

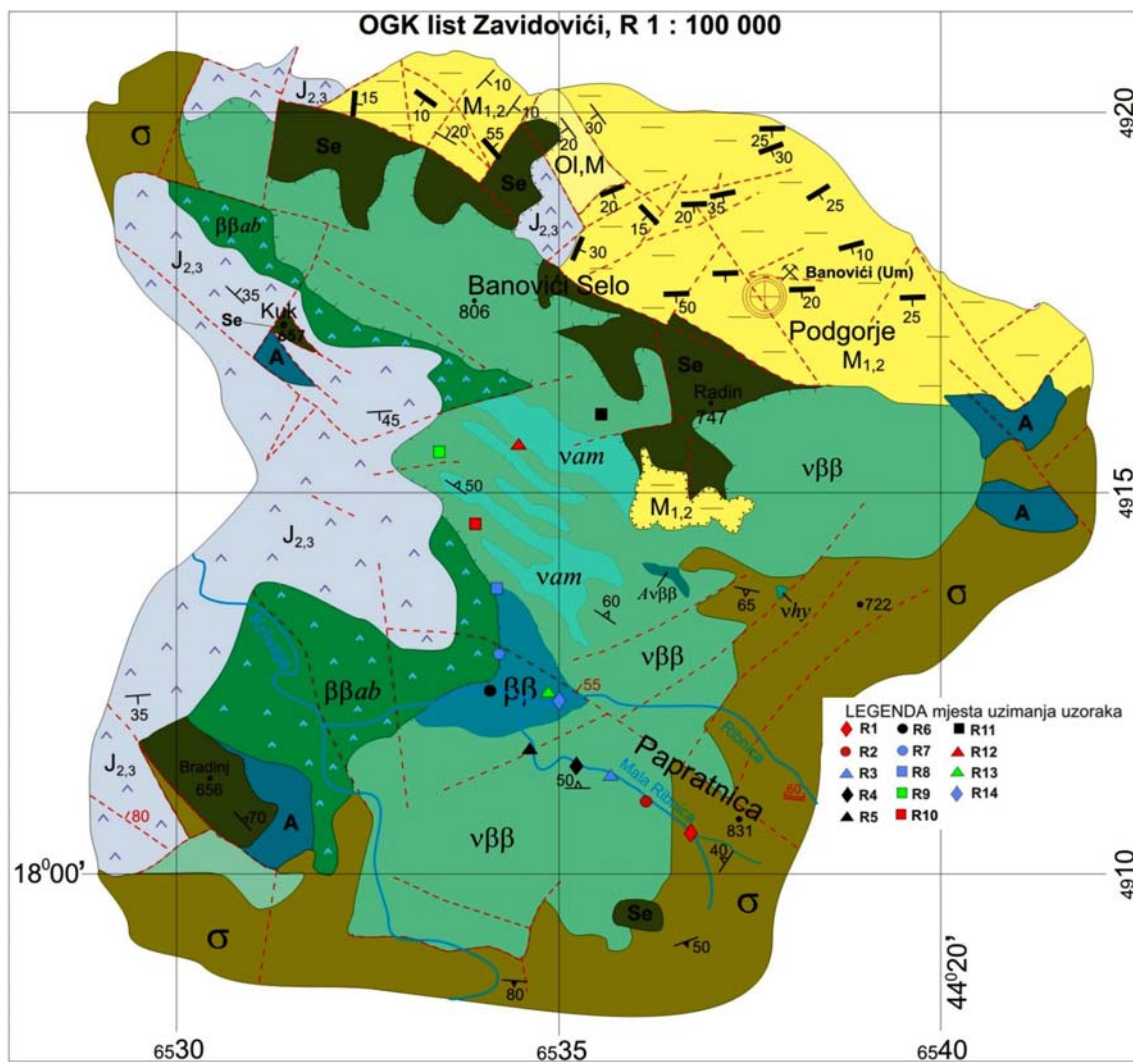
Geološke karakteristike, kao i mjesta uzorkovanja, prikazane su na geološkoj karti lista Zavidovići (slika 1).

Za potrebe različitih vrsta ispitivanja stijena dijabaz-doleritne mase Ribnice, nakon makroskopske i mikroskopske determinacije, odabrano je 14 uzoraka koji se tretiraju kao reprezentativni za dotični lokalitet. Oznake uzoraka, lokacije uzorkovanja i terenski opis stijena dati su u tabeli 1.

*Tabela 1 - Oznake uzoraka, mjesta uzorkovanja i makroskopski opis stijena*

Oznaka uzorka	Terenska odredba	Geografska pozicija	
		y	x
R1	Gusti, homogeni dijabaz	4 911 325	6 535 200
R2	Hemijski izmijenjen dolerit, uočljive hloritizirane žilice (oko 5mm)	4 911 125	6 535 500
R3	Svjež, gusti dijabaz/dolerit	4 911 250	6 535 850
R4	Homogeni dolerit, sa tankim karbonatnim žilicama, limonitna prevlaka	4 911 040	6 536 000
R5	Dijabaz sa karbonatnim žilicama	4 910 725	6 535 500
R6	Dijabaz sa oksidnim mrljama i zrnima pirit	4 910 725	6 535 612
R7	Jako alterirana mafitna stijena, karbonat kao tanka prevlaka, limonit	4 910 650	6 535 837
R8	Dolerit/ofitski gabro, prisutne žilice karbonata, pirit, plagioklasi 1-3mm	4 910 750	6 535 775
R9	Sivo-plavi dijabaz/dolerit, prisutne žilice ispod 1mm kao i oksidne mrlje	4 911 587	6 535 150
R10	Kompaktan dijabaz/dolerit	4 912 600	6 535 625
R11	Vrlo svjež dolerit, sa karbonatnim žilicama	4 912 825	6 535 725
R12	Sivo-plavi mafit (dolerit/ofitski gabro?), uočljiva zrna (1-4mm)	4 913 875	6 536 525
R13	Sivi, gusti, dijabaz	4 912 400	6 535 475
R14	Tamno sivi dijabaz, karbonatne žilice	4 912 375	6 535 725

Uzorci makroskopski različitih varijeteta stijena dijabaz-doleritne mase Ribnice prikupljeni su sa izdanaka, otvorenih profila pored puteva i zasjeka-etaža kamenoloma, kako bi se dobila što vjernija slika rasprostranjenja različitih varijeteta na terenu. Prikupljeni uzorci su zatim podvrgnuti laboratorijskoj obradi i kabinetskoj determinaciji.



*Slika 1 – Geološka karta dijabaz-doleritne mase Ribnice sa mjestima uzorkovanja, prema OGK list Zavidovići*



## 2. GEOHEMIJA STIJENA DIJABAZ-DOLERITNE MASE OKOLINE RIBNICE

Na osnovu mikroskopskih analiza izvršen je odabir uzoraka za ispitivanje hemijskog sastava. Analiza makroelemenata i mikroelemenata obuhvatila je svih 14 uzorka. Uzorci su usitnjeni u čeličnoj čeljusnoj drobilici. Prethodno su uklonjeni svi fragmenti sa korom trošenja i žilicama sekundarnih minerala. Nakon redukcije uzoraka četvrtanjem, oko 1000g je samljeveno u ahatnom mlinu, a zatim je dobijeni stijenski prah osušen na 105°C.

Hemijske analize makroelemenata i mikroelemenata urađene su metodom AAS (*atomska apsorpciona spektrometrija*) na Institutu „Kemal Kapetanović“ u Zenici.

### 2.1. Glavni oksidi

Rezultati hemijskih analiza prikazani su u tabeli 2. Sadržaj  $\text{SiO}_2$  kod stijena djabaz-doleritne mase okoline Ribnice kreće se u uskom rasponu od 46,00 do 53,7%. Najniži sadržaj  $\text{SiO}_2$  ima uzorak R14.

Varijacije masenih udjela oksida glavnih elemenata u funkciji masenog udjela  $\text{SiO}_2$  prikazani su na Harkerovim varijacijskim dijagramima (Sl. 2.). Korelacijski trendovi na Harkerovim dijagramima ukazuju na različite magmatske procese koji se događaju u nizu povezanih magmi (*npr. Prohić, 1998*). Ovakva geohemijska povezanost između glavnih elemenata koristi se da ukaže na to da li postoji jedan ili više osnovnih procesa koji će objasniti vezu između glavnih elemenata (*Rollinson, 1993*).

Sadržaj  $\text{TiO}_2$  stijena djabaz-doleritne mase okoline Ribnice kreće se od 0,53-1,56 %. Na slici 2. zapaža se jasan trend opadanja sadržaja  $\text{TiO}_2$  sa porastom sadržaja  $\text{SiO}_2$ . Najveći sadržaj  $\text{TiO}_2$  (1,56) ima uzorak R10, a najniži sadržaj uzorak R8 (0,53).

*Tabela 2 - Hemijski sadržaj glavnih elemenata stijena djabaz-doleritne mase okoline Ribnice (Babajić, 2004)*

Uzorak	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
$\text{SiO}_2$	48,5	49,1	46,7	50,5	52,1	51,1	48,4	46,7	52,4	48,5	49,4	48,3	53,7	46,0
$\text{TiO}_2$	1,36	1,14	1,37	1,00	1,00	0,87	1,42	0,53	1,00	1,56	1,06	1,54	1,20	1,20
$\text{Al}_2\text{O}_3$	16,7	16,5	16,0	15,8	15,3	17,9	15,0	15,5	15,7	15,7	16,7	17,8	14,0	15,2
$\text{FeO}$	6,71	5,80	6,71	5,94	5,59	5,38	6,22	5,24	6,36	7,13	8,46	5,94	6,36	7,48
$\text{MnO}$	0,13	0,11	0,14	0,14	0,12	0,13	0,15	0,07	0,17	0,15	0,11	0,15	0,25	0,12
$\text{MgO}$	5,11	3,43	7,06	6,34	8,42	5,12	7,02	8,51	5,81	6,14	4,43	5,03	3,30	4,30
$\text{CaO}$	13,7	14,6	13,5	12,0	10,0	11,3	12,1	16,2	11,5	11,7	10,3	13,0	8,30	13,10
$\text{Na}_2\text{O}$	3,68	3,62	3,44	3,90	3,40	3,47	3,44	2,30	2,97	3,24	3,54	2,65	4,52	3,87
$\text{K}_2\text{O}$	0,07	0,08	0,12	0,16	0,07	0,06	0,12	0,08	0,08	0,23	0,18	0,17	0,19	0,35
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,12	0,10	0,10	0,08	0,09	0,07	0,11	0,02	0,08	0,10	0,08	0,14	0,14	0,10
G.Ž.	0,51	2,65	1,51	1,14	1,20	1,87	2,82	2,04	0,77	2,13	1,84	2,18	4,89	4,64
SUMA	96,59	97,13	96,55	97,00	97,29	97,27	96,80	97,19	96,84	96,58	96,10	96,90	96,58	96,36

Sadržaj **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** opada sa porastom sadržaja SiO<sub>2</sub>. Kod stijena dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kreće se od 0,02 % (R8) do 0,14 % (R12).

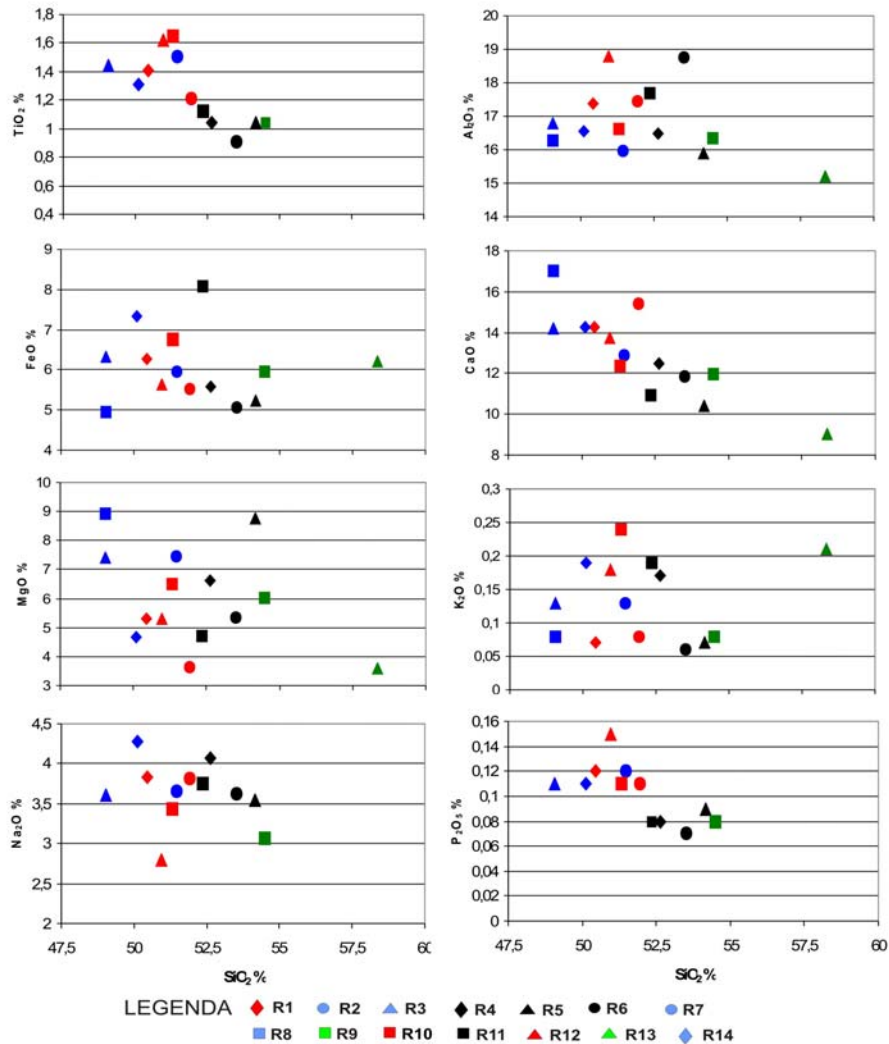
Na dijagramu **FeO-SiO<sub>2</sub>**, i pored izvjesne rasutosti podataka, vidi se da sadržaj ukupnog željeza opada sa povećanjem sadržaja SiO<sub>2</sub>. U stijenama dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice sadržaj ukupnog Fe se kreće od 5,38 % (R6) do 8,46% (R11).

Sadržaj **MgO** pokazuje slabo izraženu negativnu korelaciju sa sadržajem SiO<sub>2</sub> i kreće se od 3,30 % (R13) do 8,51% (R8).

Negativni korelativni odnos između SiO<sub>2</sub> i **CaO** prikazan je na slici 2. Sadržaj CaO u analiziranim stijenama kreće se od 8,30 % (R13) do 14,6 % (R2).

Kod analiziranih stijena uočava se slabo izražena negativna korelacija sadržaja SiO<sub>2</sub> i **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**. Sadržaj Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kod ispitivanih stijena dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice se kreće od 14,0 % (R13) do 17,9 % (R6).

Sadržaji **Na<sub>2</sub>O** i **K<sub>2</sub>O** ne pokazuju izraženu korelaciju sa sadržajem SiO<sub>2</sub>. Sadržaj Na<sub>2</sub>O je kod stijena dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice kreće se od 2,30 % (R8) do 4,52 % (R13). Najmanji sadržaj K<sub>2</sub>O ima uzorak R6 (0,06 %), a najveći sadržaj K<sub>2</sub>O registriran je u uzorku R14 (0,35 %).



*Slika 2 – Harkerovi varijacijski dijagrami za dijabaz-doleritne stijene okoline Ribnice*

### 3. HEMIJSKA KLASIFIKACIJA I NOMENKLATURA

#### 3.1. Klasifikacija vulkanskih stijena prema TAS-u

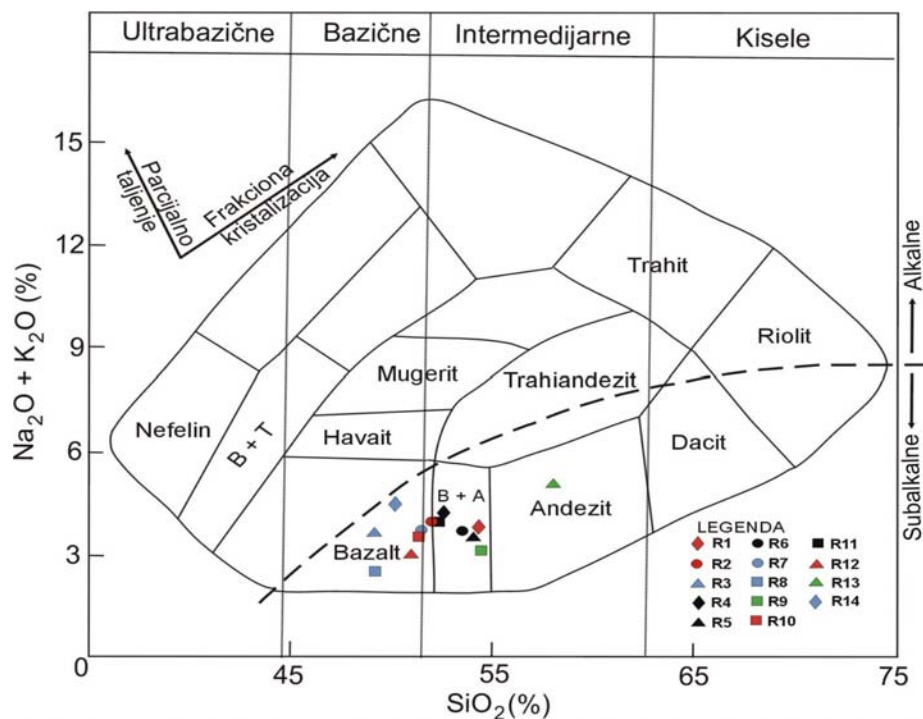
Od velikog broja hemijskih klasifikacija magmatskih stijena, neke su zasnovane na kompletnoj hemijskoj analizi, a druge samo na dijelu hemijskog sastava koje su korištene i ovdje.

Dvokomponentni dijagrami oksida glavnih elemenata najpogodniji su za klasifikaciju vulkanskih stijena. Jedan od njih uključuje sadržaj ukupnih alkalija  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  (eng. *Total Alkalies*=TA) u odnosu  $\text{SiO}_2$  (eng. *Silica*=S) i kolokvijalno se zove TAS dijagram. Cox et al. (1979) prvi su ukazali na ispravne teoretske razloge za odabiranje  $\text{SiO}_2$  i  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  kao osnove za klasifikaciju vulkanskih stijena. Prva verzija dijagram (*Le Bas et al., 1986*) konstruirana je na osnovu 24 000 analiza svježih vulkanskih stijena s izdvojenih 15 polja i 17 naziva stijena.

TAS dijagram na osnovu sadržaja  $\text{SiO}_2$  dijeli stijene na: ultrabazične, bazične, intermedijarne i kisele.

TAS klasifikacija je prvenstveno namijenjena za svježe vulkanske stijene i nije pogodna za K-bogate stijene i visoko-Mg stijene. Za alterirane stijene može se koristiti uz izvjesna ograničenja.

U svim ovdje obrađenim stijenama, u različitoj mjeri, odigrali su se procesi alteracije. Suma sadržaja  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  i sadržaj  $\text{SiO}_2$  uzimaju se direktno iz hemijskih analiza koje su prethodno preračunate na 100,00 % bez volatila ( $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$ ) i nanose se na klasifikacijski dijagram.



**Slika 3** - Pozicije analiziranih uzoraka stijena dijabaz-doleritne mase Ribnice na TAS dijagramu za efuzivne stijene prema: Cox et al. (1979) i Wilson (1989); te Miyashiro (1978) i Pecerrillo & Taylor (1976)

Nakon nanošenja podataka hemijskih analiza ispitivanih stijena na TAS dijagram analizirane stijene dijabaz-doleritne mase Ribnice mogu se klasificirati kao bazalti, bazalti+andeziti i andeziti. U polje bazalta padaju uzorci R3, R7, R8, R10, R12 i R14. U polje bazalti+andeziti padaju uzorci R1, R4, R5, R6, R9 i R11. U polje andezita pada samo uzorak R13. Uzorak R2 pada na granicu bazalt – bazalt + andezit.

Na TAS dijagramu data je granična linija (krivulja) koja vulkanske stijene dijeli na dvije serije: alkalijsku i subalkalijsku (Irvin & Baragar, 1971). Sve ispitivane stijene dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice padaju u polje subalkalijske serije (toleitne) stijena.

### 3.2. CIPW-normativni mineralni sastav stijena

Ovom metodom se iz hemijskih analiza stijena po strogo određenim pravilima izračunat kvantitativni (normativni) sastav stijena. U dobro kristaliziranim stijenama normativni sastav može biti nadopuna modalnom sastavu dok kod stijena niskog kristaliniteta, hipohijalinih i hijalinih služi za pseudomineraloške klasifikacije.

Na ovaj način izračunat je normativni mineralni sastav stijena dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice koji uključuje kvarc, albit, anortit, ortoklas, nefelin, diopsid, volastonit, hipersten, olivin, ilmenit, apatit, hromit i magnetit.

Treba napomenuti da se po CIPW metodi ne računaju petrogeni minerali s konstitucijskom vodom što dovodi do različitog modalnog i normativnog sastava u stijenama.

Rezultati hemijskih analiza su preračunati na 100 % i prikazani u tabeli 3.

Kalcij je u normativnim mineralima vezan za anortit i manje za diopsid. Jedan dio kalcija dolazi iz amfibola i augita, a kod alteriranih uzoraka iz kalcita koji je nastao alteracijom navedenih minerala. Zbog toga bi bazičnost normativnih plagioklasa trebala biti veća od realnog.

**Tabela 3 - Procentualni normativni sastav dijabaz – doleritnih stijena okoline Ribnice**

Uzo rak	N O R M A T I V N I M I N E R A L I											
	Q	ab	an	or	ne	di	wo	hy	ol	Il	ap	mt
R1		23,75	29,99	0,41	4,7 0	32,62			4,46	2,68	0,2 8	1,1 3
R2		26,88	30,19	0,47	2,9 9	34,12	1,7 6			2,30	0,2 6	0,9 9
R3		18,10	29,26	0,77	6,7 6	32,68			8,36	2,78	0,2 6	1,1 3
R4		31,73	26,17	1,00	1,4 7	28,64			7,83	1,98	0,1 9	1,0 0
R5		29,96	27,32	0,41		19,02		19,90	0,26	1,98	0,2 1	0,9 4
R6	0,7 1	30,71	34,69	0,36		19,04				1,73	0,2 1	0,9 1
R7		28,67	26,71	0,77	1,2 5	29,33			9,09	2,87	0,2 8	1,0 6
R8		10,25	33,32	0,48	5,5 4	40,92			7,51	1,06	0,0 5	0,8 8
R9		26,15	30,45	0,48		23,07		12,73		1,98	0,1 9	1,0 7
R10		29,02	29,22	1,42		25,62		2,36	7,91	3,13	0,2 6	1,2 2
R11		31,73	30,90	1,13		18,88		10,57	3,05	2,13	0,1 9	1,4 5
R12		23,69	38,14	1,07		25,53		9,07	0,01	3,08	0,3 5	1,0 2
R13	5,9 5	41,55	18,84	1,24		20,64		7,86		2,47	0,3 5	1,1 2
R14		19,88	25,12	2,25	8,5 8	37,12			3,01	2,49	0,2 6	1,3 2

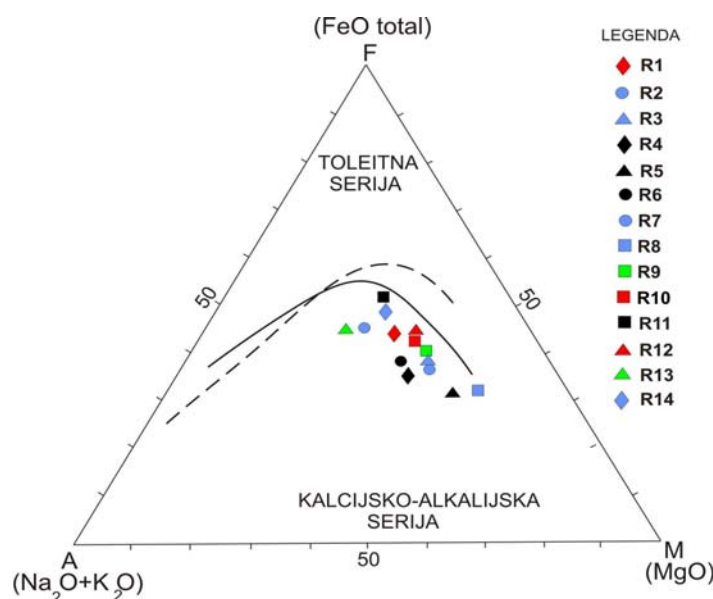
**Q**-kvarc ( $\text{SiO}_2$ ); **ab**-albit ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$ ); **an**-anortit ( $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ); **or**-ortoklas ( $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$ ); **ne**-nefelin ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ); **di**-diopsid [ $\text{CaO}\cdot(\text{Mg},\text{Fe})\text{O}\cdot 2\text{SiO}_2$ ]; **vo**-volastonit ( $\text{CaSiO}_3$ ); **hy**-hipersten [ $(\text{Mg},\text{Fe})\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ ]; **ol**-olivin ( $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$ ); **Il**-ilmenit ( $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ ); **mt** -magnetit ( $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); **ap**-apatit [ $3(\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5)\cdot\text{CaF}_2$ ]; **mt**-magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

Normativni mineralni sastav približno odgovara modalnom sastavu. Stijene se karakterišu skoro ujednačenom količinom salskih minerala (67,58%, uzorak R13) i femskih minerala (53,97%, uzorak R8).

Zaključno se može reći da prema normativnom mineralnom sastavu stijene dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice pripadaju bazičnim stijenama varijeteta dijabaz-dolerit- ofitski gabro.

### 3.3. AFM dijagram

AFM dijagram je najpopularniji od trokomponentnih varijacijskih dijagrama a uključuje sumu  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (A), sumu željeza kao FeO (F) i sadržaj MgO (M).



**Slika 4** - AFM dijagram za stijene dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice (isprekidana linija-Kuno, 1968; puna linija-Irvin & Baragar, 1971)

AFM dijagram se koristi za razlikovanje toleitskih i kalcijsko-alkalijskih diferencijacijskih trendova u subalkalijskim serijama magmi. Graničnu liniju koja odvaja stijene kalcijsko-alkalijske serije od stijena toleitne serije predložili su Kuno (1968) i Irvin & Baragar (1971). Ispitivane stijene na AFM dijagramu formiraju diferencijacijski trend karakterističan za evoluiranu kalcijsko-alkalijsku seriju stijena.

Kod većine stijena AFM parametri čine manje od 50 % procentualne težine oksida i prema tome ne mogu potpuno predstavljati hemizam stijene, pa je obim petrogenetskih informacija iz AFM dijagrama ograničen (Wright, 1974).

## 4. ELEMENTI U TRAGOVIMA

### 4.1. Standardni elementi u tragovima

Standardni elementi u tragovima klasificiraju se u određene grupe na osnovu sličnog geochemijskog ponašanja. Dijele se na: elemente rijetkih zemalja (REE-*Rare Earth Elements*), platinsku grupu elemenata (PGE-*Platinum Group Elements*) i prelazne metale (*Transition Metals*).

U magmatskim stijenama elementi se promatraju kao kompatibilni i inkompatibilni (nekompatibilni) prema sklonosti za ugradnju u kristale (kompatibilni elementi) ili za ostanak u taljevini (inkompatibilni elementi). Inkompatibilni elementi imaju male katione, odnosno visoki ionski potencijal ("*High Field Strength Elements*"- HFSE), ili velike katione odnosno mali ionski potencijal ("*Low Field Strength Elements*"- LFSE). Elementi malog ionskog potencijala su poznati kao litofilni elementi velikih iona ("*Large Ion Lithophile Elements*"- LILE).

Elementi visokog ionskog potencijala (HFSE) uključuju: lantanide, Sc, Y, Th, U, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb i Ta. LIL elementi uključuju Cs, Rb, K i Ba. Ovima može biti dodat Sr, dvovalentni Eu i dvovalentno Pb.

Sadržaji elemenata u tragovima dati su u tabeli 4. Varijacije masenog udjela nekih elemenata u tragovima u odnosu na maseni udio SiO<sub>2</sub> date su na Harkerovim dijagramima na slici 5.

Na osnovu distribucije pojedinih elemenata u tragovima do određene mjere mogu se sagledati petrohemijske karakteristike ispitivanih stijena. Odnosno, pojedini diferencijacijski nizovi karakterišu se obogaćenjem ili osiromašenjem mikroelementima, u zavisnosti od karaktera magme i njezine konsolidacije na određenim nivoima.

**Tabela 4 - Sadržaj mikroelemenata u stijenama dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice (u ppm) (Babajić, 2004)**

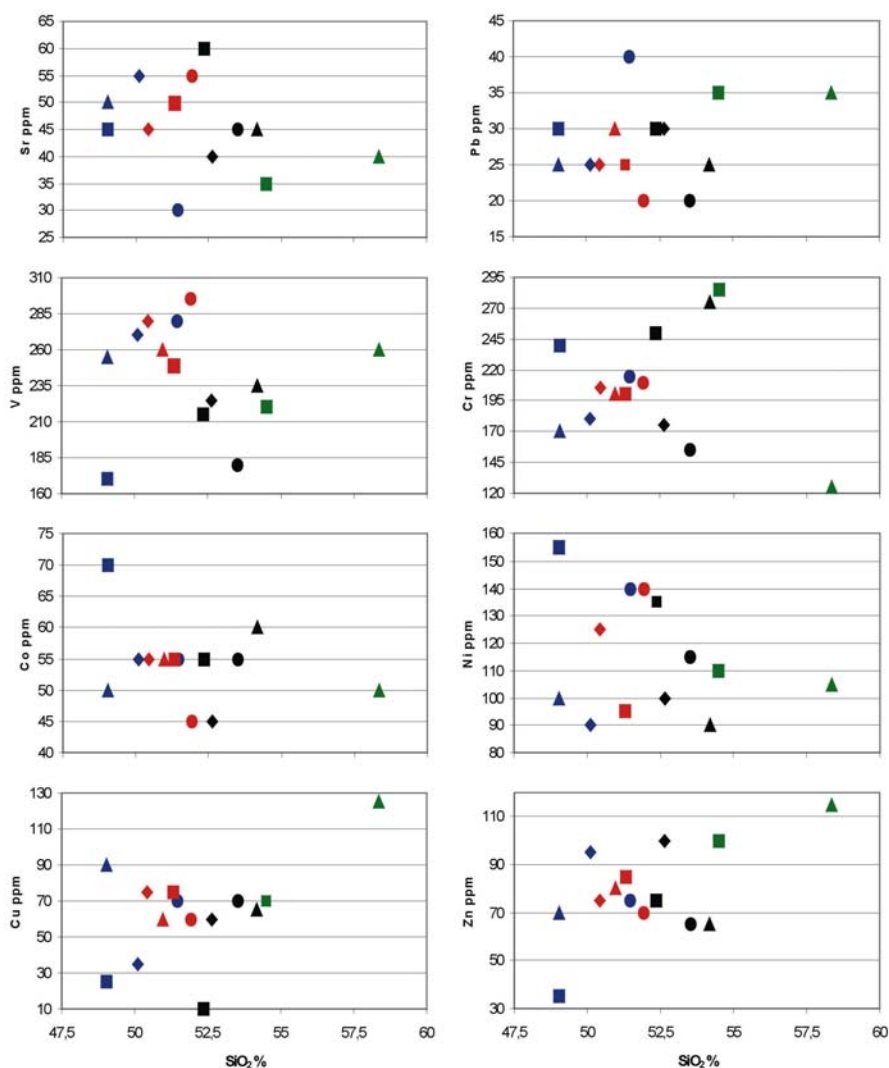
Uzorak	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
<b>Sr</b>	45	55	50	40	45	45	30	45	35	50	60	70	40	55
<b>Cr</b>	205	210	170	175	275	155	215	240	285	200	250	200	125	180
<b>Co</b>	55	45	50	45	60	55	55	70	95	55	55	55	50	55
<b>Cu</b>	75	60	90	60	65	70	70	25	70	75	10	60	125	35
<b>Ni</b>	125	140	100	100	90	115	140	155	110	95	135	165	105	90
<b>Pb</b>	25	20	25	30	25	20	40	30	35	25	30	30	35	25
<b>Zn</b>	75	70	70	100	65	65	75	35	100	85	75	80	115	95
<b>V</b>	280	295	255	225	235	180	280	170	220	250	215	260	260	270

**Sr** pripada grupi litofilnih elemenata velikih iona (LILE). U eruptivnim stijenama Sr je uglavnom prisutan u plagioklasima. Sadržaj **Sr** kreće se od 30 ppm (R7) do 70 ppm (R12). Na Sr-SiO<sub>2</sub> varijacionom dijagramu (sl. 5) kod stijena dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice postoji slabo izražena negativna koelacija sadržaja Sr sa porastom sadržaja SiO<sub>2</sub>.

**Pb** spada u zasebnu grupu mikroelemenata. Ulazi u sastav silikatnih minerala, gdje izomorfno zamjenjuje K. U ovim stijenama sadržaj **Pb** kreće se u intervalu od 20 ppm (R2, R6) do 40 ppm (R7).

Na Pb-SiO<sub>2</sub> varijacijskom dijagramu prikazan je sadržaj ovog elementa u odnosu na sadržaj SiO<sub>2</sub>. Iz priloženog dijagrama može se vidjeti da ne postoji izražena korelacija između sadržaja Pb i SiO<sub>2</sub>.

U grupu kompatibilnih elemenata spadaju **Cr**, **Co**, **Ni** i **V**. Ovi elementi više su koncentrirani u Fe-Mg mineralima nego u koegzistirajućoj taljevini pa bi prema tome trebali biti u negativnoj korelaciji sa SiO<sub>2</sub>. U manjoj količini Cr se javlja u piroksenima, amfibolima i liskunima, a Co u mineralima fero željeza. U ovim istim mineralima može biti sadržan i V, mada je on najvećim dijelom obogaćen u rano izdvojenom magnetitu. Co i Ni imaju sličan radijus i naelektrisanje kao i Mg, što rezultira ugrađivanjem ovih elemenata u Mg-mineralima.



*Slika 5 - Dijagrami varijacije elemenata u tragovima u odnosu na SiO<sub>2</sub> za dijabaz – doleritne stijene okoline Ribnice*

Na sl. 5. prikazani su odnosi sadržaja kompatibilnih elemenata i sadržaja SiO<sub>2</sub>. **Cr** ne pokazuje izraženu korelaciju sa sadržajem SiO<sub>2</sub>, dok sadržaji **Co**, **Ni** i **V** pokazuju slabo izraženu negativnu korelaciju sa sadržajem SiO<sub>2</sub>.

U ovim stijenama sadržaj Cr se kreće od 125 (R13) do 285 ppm (R9); Co od 45 (R2, R4) do 95 (R9) ppm; Ni od 90 (R5, R14) do 165 (R12) ppm i V od 170 (R8) do 295 ppm (R2).



Halkofilni elementi su **Cu i Zn**. Cu znatno više sadrže bazične u odnosu na kisele magmatske stijene. U stijenama dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice sadržaj Cu kreće se od 10 (R11) ppm do 165 ppm (R12) i u analiziranim stijenama sadržaj Cu ne pokazuje izraženu korelaciju sa porastom sadržaja SiO<sub>2</sub>.

Zn je uglavnom je vezan za neutralne intruzive, rjeđe za bazične i kisele magmatske stijene. Koncentracije Zn u analiziranim stijenama okoline Ribnice kreće se od 35 (R8) do 115 ppm (R13). Na Zn-SiO<sub>2</sub> varijacijskom dijagramu prepoznaje se slaba tendencija porasta sadržaja Zn sa porastom sadržaja SiO<sub>2</sub>.

## ZAKLJUČAK

Na TAS dijagramu analizirane stijene dijabaz-doleritne mase Ribnice mogu se klasificirati kao bazalti, bazalti+andeziti i andeziti. U polje bazalta padaju uzorci R3, R7, R8, R10, R12 i R14. U polje bazalti+andeziti padaju uzorci R1, R4, R5, R6, R9 i R11. U polje andezita pada samo uzorak R13. Uzorak R2 pada na granicu bazalt – bazalt+andezit.

Na osnovu CIPW proračuna izračunat je normativni mineralni sastav stijena dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice koji uključuje kvarc, albit, anortit, ortoklas, nefelin, diopsid, volastonit, hipersten, olivin, ilmenit, apatit, hromit i magnetit. Normativni mineralni sastav približno odgovara modalnom sastavu. Stijene sekarakterišu skoro ujednačenom količinom salskih minerala (67,58%, uzorak R13) i femskih minerala (53,97%, uzorak R8).

Prema normativnom mineralnom sastavu stijene dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice pripadaju bazičnim stijenama varijeteta dijabaz-dolerit- ofitski gabro.

Ispitivane stijene na AFM dijagramu formiraju diferencijacijski trend karakterističan za evoluiranu kalcijsko-alkalijsku seriju stijena.

Na Harkerovim varijacijskim dijagramima uočeno je da sadržaji **TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, FeO, MgO, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sr, Co, Ni, V** opadaju, dok sadržaj **Zn** raste, sa porastom sadržaja **SiO<sub>2</sub>**, što je u saglasnosti sa frakcioniranjem uočenih minerala. Ovo upućuje na zaključak da je kristalno frakcioniranje odigralo značajnu ulogu u genezi analiziranih stijena dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice.

Sadržaji **Na<sub>2</sub>O i K<sub>2</sub>O, Pb, Cu i Cr** ne pokazuju izraženu korelaciju sa sadržajem SiO<sub>2</sub>.

Izvjerno rasipanje uočeno na nekim dijagramima posljedice je alteracije stijena, a može ukazivati i na druge procese koji su uticali na postanak stijena dijabaz-doleritne mase okoline Ribnice, npr. asimilacija.

## LITERATURA

1. Babajić, E.,(2004): Vertikalno zoniranje po stepenu raspadnutosti stijena tuzlanske regije, magistarski rad, RGGF Tuzla
2. Babajić, E., et al. (2005): Dekompozicija dijabaza na kamenolomu u Ribnici, Zbornik radova RGGF-a, Tuzla
3. Čičić,S. (2002): Geološki sastav i tektonika Bosne i Hercegovine. Knjiga, Earth science institute, Sarajevo.
4. Čičić,S. (2002): Geološka karta Bosne i Hercegovine R 1:300.000. Earth science institute, Sarajevo.
5. Dimitrijević,M.D. (2001): Dinarides and the Vardar Zone:a short review of the geology. Acta Vulcanologica-vol.13(1-2),1-8.
6. Herak,M. (1986): A New Concept of Geotectonics of the Dinarides. Acta Geol. 16, Zagreb, 1-42.
7. Kubat,I. (1976): Geohemija, Knjiga, RGF Univerziteta u Tuzli.
8. Pamić,J. (1967):Petrološki izvještaj za osnovnu geološku kartu list Zavidovići. Fond struč.dokum., Inst.geol.istr., Sarajevo.
9. Pamić,J., Sunarić-Pamić,O., Olujić,J., i Kapeler,I.(1975): Tumač za osnovnu geološku kartu list Zavidovići 1:100 000. Fond str.dokum. Inst.geol.istr., Sarajevo.
10. Pamić,J. (1996): Magmatske formacije Dinarida, Vardarske zone i južnih dijelova Panonskog bazena, Nacionalna i sveučilišna biblioteka, Zagreb.
11. Pamić,J., Hrvatović, H.,(2000): Basic data on the geology and petrology of the Krivaja-Konjuh ophiolite complex, Vijesti Hrvatskog geološkog društva, br. 37/2, Pancardi, Dubrovnik
12. Salkić, Z., (2005): Geohemija i petrologija tercijarnih vulkanskih stijena u Bosni i Hercegovini, doktorska disertacija, RGGF, Tuzla

**Dr ENES RAMOVIĆ<sup>1</sup>**

## **KRITERIJUMI IZRADE METALOGENETSKE KARTE BOSNE I HERCEGOVINE**

Metalogenetska karta Bosne i Hercegovine predstavlja grafički izraz saznanja o razmještaju rudnih ležišta i pojava čvrstih mineralnih sirovina i kontrolnim faktorima koji su dirigovali tim razmještajem u geološkom vremenu i prostoru.

Osnovni dokumenti za izradu Metalogenetske karte Bosne i Hercegovine su Osnovna geološka karta, zatim Pregledna metalogenetsko – prognozna karta Bosne i Hercegovine, razmjere 1:100.000 i 1:200.000, Metalogenetska karta SFR Jugoslavije, 1:500.000, (dio za Bosnu i Hercegovinu), Metalogenetska karta Bosne i Hercegovine 1:200.000.

Zbog širokog polja rad u sferi metalogenetsko – prognoznih istraživanja na Metalogenetskoj karti Bosne i Hercegovine su prikazani, na osnovu njenog cilja i namjere, slijedeći aspekti metalogenetskih istraživanja:

- **izdavanje geoloških formacija i njihovih asocijacija,**
- **utvrđivanje rudonosnih formacija,**
- **utvrđivanje rudnih formacija, i**
- **metalogenetska rejonizacija sa posebnim osvrtom na geohemijske karakteristike rudnih ležišta i pojava mineralnih sirovina.**

### **Izdvajanje geoloških formacija i njihovih asocijacija**

Metalogenetska karta Bosne i Hercegovine je rađena primjenom kompleksnog kriterijuma formacione metalogenetske analize.

Polazeći od činjenice **da je geološka formacija osnovna jedinica formacione metalogenetske analize** treba istaći da ona predstavlja konkretno geološko tijelo stvoreno u određenom geološkom prostoru i u određenom periodu geoistorijskog razvoja ovog dijela Zemljine kore.

Formacija predstavlja prirodnu zajednicu stijena međusobno povezanih u horizontalnom i vertikalnom profilu. Izdvajanje geoloških formacija i njihovih asocijacija vršeno je analizom litološko – stratigrafskog razvoja Bosne i Hercegovine sa geoistorijskog, petrogenetskog, paleogeografskog i geotektonskog aspekta koji su uključeni u genetski, a time i u kompleksni kriterijum formacione metalogenetske analize.

Analizirajući geološke formacije i njihove asocijacije **sa geoistorijskog aspekta** izdvojene su formacije koje su nastale tokom kaledonskog, hercinskog i alpskog orogeno – magmatsko – metalogenetskog ciklusa. Posebno je izdvojena asocijacija fluvijalnih i kontinentalnih formacija kvartara.

U okviru alpskog orogeno – magmatsko – metalogenetskog ciklusa izdvojene su geološke formacije i asocijacije formacija nastale tokom paleoalpske, mezoalpske i neoalpske metalogenetske epohe.

Pod terminom „**orogeno – magmatsko – metalogenetski ciklus**“ podrazumijeva se dugo geološko doba u kome su, prema **M. Ramoviću (1983)**, sukcesivno evoluirali orogeni stadijumi u kojima su stvorene sve osnovne vrste magmatskih i sedimentnih formacija, kao i rudnih formacija koje, sve zajedno, čine jednu „zatvorenu cjelinu“.

**Metalogenetska epoha**, za razliku od metalogenetskog ciklusa, predstavlja kraće geološko razdoblje u evoluciji Zemljine kore u kome su se ponavljali neki geološki procesi pri čemu su nastale neke, ali ne sve, osnovne vrste magmatskih i sedimentnih formacija i s njima vezanih odgovarajućih tipova rudnih ležišta i pojava čvrstih mineralnih sirovina.

Svaka metalogenetska epoha se karakteriše dominantnim prisustvom određenih vrsta magmatskih i sedimentnih stijena i s njima vezanih morfoloških i genetskih tipova rudnih ležišta i pojava čvrstih mineralnih sirovina.

Veliku teškoću i izdvajanju metalogenetskih epoha, odnosno njihovog trajanja, predstavlja činjenica o različitom shvatanju pojedinih kraćih perioda u evoluciji orogenih, magmatskih i metalogenetskih procesa kao što su tzv. „geosinklinalni“, „orogeni“, „kasni“ i „finalni“ stadijum, kao i razlike koje su ispoljene u interpretaciji i definisanju tih stadijuma od strane raznih istraživača: **H. Backlunda (1936)**, **H. Stillea (1940)**, **Yu.A. Bilibina (1955)**, **I.G. Magakyana (1959)** i drugih

Preciznije definisanje ovih stadijuma kao dijelova metalogenetske epohe, a time i kao dijelova metalogenetskog ciklusa, doprinijelo bi praktičnom rješavanju problema utvrđivanja kontrolnih faktora i prospekcionih kriterijuma lokalizacije orudnjenja u rudonosnim područjima.

Karakteristika orogeno – magmatsko – metalogenetskih ciklusa izdvojenih na Metalogenetskoj karti Bosne i Hercegovine jeste da počinju litološki istom ili sličnom terigeno – karbonatnom geološkom formacijom ( $C_1$ ,  $H_1$ ,  $P_1$ ). Terigena komponenta preovlađuje u nižim stratografskim nivoima ovih formacija, dok se razlike uočavaju u središnjim i višim nivoima. To ukazuje na sličnost uslova u kojima se odvijala geološka evolucija u početnim fazama razvoja pojedinih ciklusa. Međutim, u središnjim i kasnijim fazama razvoja izdvojenih metalogenetskih ciklusa ponavljali su se određeni procesi koji su davali iste ili slične geološke i rudne produkte. Tako je, na primjer, uočeno da su se ponavljali procesi koji su dali geološke i rudne produkte uvrštene u „vulkanogeno – sedimentnu formaciju“. Tvorevine ove formacije stvarane su u devonu, karbonu, srednjem trijasu, juri i gornjoj kredi. (**I. Kubat i E. Ramović, 1986**) a ima pretpostavki da su stvarane i u siluru, kao i u miocenu u jezerskoj sredini.

Prethodne konstatacije mogu se dati i za formacije i asocijacije formacija koje su stvarane u paleoalpskoj, mezoalpskoj i neoalpskoj metalogenetskoj epohi. U paleoalpskoj to je terigeno – karbonatna formacija / $P_1$ /. U mezoalpskoj to je vulkanogeno – sedimentna formacija ofiolitske zone / $M_1$ / koja, u nižim nivoima sadrži stijene terigenog porijekla, a u višim nivoima sadrži karbonatne članove. U neoalpskoj metalogenetskoj epohi to je jezerska terigeno – vulkanogena ugljonošna formacija / $N_1$ /, koja je, takođe, u nižim nivoima izgrađena od terigene komponente, a u višim od jezerskih krečnjaka.

Ciklično ponavljanje istih ili sličnih geoloških produkata u Bosni i Hercegovini izvršeno je tokom tri rekurentna perioda, od srednjeg i gornjeg karbona do recentnog doba, sa magmatskim i tektonskim fenomenima koji pokazuju vidljive progresivne promjene njihovog karaktera (**M. Ramović, 1968**).

Slična rekurentna pojavljivanja, sa aspekta hereditarnosti, na primjeru olovo – cinkovih rudnih ležišta u zapadnom Mediteranu, u Španiji, Francuskoj i Sardiniji, opisao je **J. Bouladon (1968)**.

Kada je u pitanju utvrđivanje metalogenetskih ciklusa i metalogenetskih epoha, kao i geoloških formacija koje im pripadaju, treba istaći da postoje razlike u shvatanjima ovih termina kod više autora, a posebno kada su u pitanju njihovi nazivi i vrijeme trajanja, odnosno početak i kraj. Razlike postoje i u definicijama ovih termina. Poštujući mišljenje **S. Jankovića, (1982)**, **M. Ramovića, (1983)**, **G. A. Tvalčeriđzea, (1984)** i **D. I. Gorževskog, (1986)** na Metalogenetskoj karti Bosne i Hercegovine su izdvojene geološke, rudonosne i rudne formacije nastale tokom kaledonskog, hercinskog i alpskog ciklusa.

Na teritoriji Bosne i Hercegovine su utvrđeni i neki podaci koji ukazuju na mogućnost da su neke tvorevine mogle nastati i prije kaledonskog ciklusa, odnosno u gornjem rifeju, što znači da su starije od kaledonskog ciklusa

**Sa petrogenetskog aspekta** izdvojene su formacije i asocijacije formacija magmatskog, terigenog, karbonatnog, terigeno – karbonatnog i flišnog karaktera.

U okviru magmatskih formacija izdvojene su intruzivne i efuzivne formacije prema pripadnosti njihovim osnovnim grupama, odnosno prema stepenu bazičnosti ili kiselosti, kao i vulkanogeno – sedimentne neraščlanjene formacije. U njihovim nazivima istaknute su karakteristike njihovog sastava, sredine u kojoj su nastale, tektonskog režima i druge.

Analizirajući geološke formacije i njihove asocijacije **sa paleogeografskog aspekta** izdvojene su formacije nastale u morskoj, lagunskoj, jezerskoj i kontinentalnoj sredini.

Na osnovu ovih kriterijuma sastavljena je Metalogenetska karta Bosne i Hercegovine na kojoj su izdvojene 43 geološke formacije i asocijacije formacija. Od toga 2 formacije pripadaju kaledonskom, 6 hercinskom, a 35 alpskom orogeno – magmatsko – metalogenetskom ciklusu. Sve formacije i njihove asocijacije su označene simbolom, bojom i šrafurom Poredane su u nizu, od najstarijih do najmađih i, istovremeno, označene donjim desnim indeksom.

Naziv izdvojenih formacija i asocijacija obilježava njihov petrografski sastav, genetske karakteristike, paleogeografsku sredinu u kojoj su nastale i rasprostranjenje u Dinaridima Bosne i Hercegovine.

## **Utvrđivanje rudonosnih formacija**

Rudonosne formacije su one geološke formacije koje su perspektivne za pronalazak rudnih ležišta i pojava čvrstih mineralnih sirovina. Njihovo prisustvo predstavlja jedan od najpouzdanijih kriterijuma u prospekcijski mineralni sirovina.

Cilj formacione analize teritorije Bosne i Hercegovine jeste da utvrdi za koje su rudonosne formacije vezani određeni morfološki i genetski tipovi rudnih ležišta i pojava. Zbog toga se utvrđivanju rudonosnih formacija i njihovom odvajanju od geoloških formacija poklanja velika pažnja.

Za utvrđivanje i izdvajanje rudonosnih formacija, korišteni rezultati raznovrsnih metalogenetskih istraživanja. Posebno treba navesti rezultate dobijene primjenom metoda metalogenetske specijalizacije magmatskih stijena na osnovu mineraloško – hemijsko – geochemijskih ispitivanja stijena i njihovih akcesornih minerala.

Na Metalogenetskoj karti Bosne i Hercegovine izdvojeno je 29 rudonosnih formacija. Taj podatak dovoljno ilustruje potencijalnost terena Bosne i Hercegovine sa aspekta različitih čvrstih mineralnih sirovina. Od tog broja, magmatskim rudonosnim formacijama pripada 11, sedimentnim pripada 14, vulkanogeno – sedimentnim 3, dok metamorfnim pripada jedna rudonosna formacija.

Rudonosne formacije pripadaju kaledonskom, hercinskom i alpskom orogeno – magmatsko – metalogenetskom ciklusu.

U okviru asocijacije fluvijalnih i kontinentalnih formacija kvartara utvrđene su rudonosne sedimentne formacije.

Sve rudonosne formacije izdvojene na Metalogenetskoj karti Bosne i Hercegovine označene su simbolom, brojem, šrafurom i bojom.

## Identifikacija rudnih formacija

U Bosni i Hercegovini je registrovano i djelimično ili potpuno istraženo više hiljada rudnih ležišta i rudnih i meneraloških pojava različitih mineralnih sirovina koje predstavljaju sastavne dijelove „rudnih formacija“ kao metalogenetski složenih kategorija. Na osnovu podataka na Metalogenetskoj karti Bosne i Hercegovine prikazana su rudna ležišta i pojave gvoždja, mangana, hroma, titana, olova i cinka, bakra, arsena, antimona, žive, zlata, kalaja, boksita, amfibolskog i hrizotil azbesta, vatrostalnih glina, granata, kaolina, kvarca, kvarcnih pješara i konglomerata, kvarcnog pijeska, magnezita, pirofilita, soli, talkšista, kao i kamenog i mrkog uglja i lignita.

Obilježena su oznakama za genetski i morfološki tip, rednim brojem i bojom koja im označava pripadnost određenom metalogenetskom ciklusu, odnosno metalogenetskoj epohi. To je, ustvari, oznaka za mineralizacioni interval u kome su stvorena.

Veće oznaka na Metalogenetskoj karti predstavljaju rudna ležišta, a manje oznake predstavljaju rudne i mineralne pojave. Kada se govori o mineralnim pojavama treba napomenuti da su uzete u obzir samo one koje imaju određeni metalogenetski značaj u pojedinim područjima. U okviru svake mineralne sirovine rudna ležišta su poredana od starijih prema mladim.

Tokom rada pojavile su se određene teškoće u smislu klasifikovanja rudnih ležišta i pojava u hijerarhijskom sistemu: ELEMENT – MINERAL – PARAGENEZA MINERALA – MINERALNI TIP (rudno ležište, rudna pojava) – RUDNA FORMACIJA – ASOCIJACIJA (RED) RUDNIH FORMACIJA – MEGARED RUDNIH FORMACIJA, koje su proistekle zbog velikih razlika u shvatanjima i definisanju termina rudno ležište, rudna pojava, rudna formacija i drugih. Te razlike, nekad i veoma znatne, posebno su istaknute u radovima metalogenetičara bivšeg Sovjetskog Saveza. Kao primjer dovoljno je navesti da **I.G. Magakyan (1969)** smatra da je rudna formacija grupa ležišta „sa sličnim materijalnim sastavom rude, obrazovnih u bliskim geološkim i fizičko-hemijskim uslovima“ dok **G.A. Tvalčrelidze (1972)** smatra da „rudna formacija objedinjuje ležišta koja su nastala u istom stadijumu različitih metalogenetskih epoha“ (**cit.prema A.Grubiću et al., 1974**). Treba navesti i to da u osnovi predstave o rudnim formacijama, koju zastupaju **S.S. Smirnov (1946)** i **Yu.A. Bilibin (1955)** leži ideja o objedinjavanju srodnih rudnih ležišta i pojava koje imaju jedinstven uzrok svog postanka. **A.A. Abdulin et al. (1978)** pod „mineralnim tipom“ (subformacijom, rudnim ležištem, rudnom pojavom) podrazumijevaju statistički određenu stabilnu grupu po sastavu sličnih mineralnih parageneza. „Rudnu formaciju“ shvataju kao prirodnu zajednicu mineralnih tipova koja ima stabilan komplet rudnih elemenata sa utvrđenim kvantitativnim varijacijama. Ta zajednica je obrazovana u određenoj tektonskoj fazi i nalazi se u genetskoj ili paragenetskoj vezi s određenom sedimentnom, magmatskom ili metamorfnom formacijom. Ovakve razlike u shvatanjima pojma „rudna formacija“ proistekle su zbog različitih kriterijuma proučavanja rudnih produkata (genetskog, paragenetskog, kompleksnog) i zbog razlika stvorenih u procesima endogene i egzogene metalogenije.

Sistematika rudnih ležišta i pojava čvrstih mineralnih sirovina Bosne i Hercegovine, koja se daje u ovom radu, izvršena je na principima kompleksnog kriterijuma, a u skladu sa shvatanjem da „**rudna formacija**“ **predstavlja grupu rudnih ležišta nastalih u bliskim geološkim uslovima jedne metalogenetske epohe**. Ta ležišta se karakterišu istim ili sličnim mineralnim i hemijskim sastavom stvorenim u istim geohemijskim, odnosno fizičko-hemijskim procesima. **Pod „mineralnim tipom“ podrazumijeva se grupa mineralnih parageneza koja se karakterišu postojećim mineralnim sastavom.**

Posebna pažnja pri izdvajanju rudnih formacija i njihovih sastavnih dijelova posvećena je utvrđivanju naziva jer se u dosadašnjim radovima o ovom problemu nalaze, često, i suprotna shvatanja koja su dovela do korištenja različitih naziva za istu rudnu formaciju. Tako, na primjer, **G.A. Tvalčrelidze (1974)** koristi nazive vodećih metala i minerala za označavanje rudnih formacija bakrove rude (Cu – porfiriska, Cu – piritiska, Cu – Ma – porfiriska, bakronosni pješčari itd.).

S druge strane **A.A. Abdulin et al. (1978)** su, prilikom razmatranja metalogenije ruda olova, cinka i bakra u Kazahstanu, koristili nazive vodećih metala za rudne formacije, i njihove redove i megaredove, dok su za označavanje mineralnih tipova koristili nazive vodećih minerala (sericit – barit – hlorit – kvarc – halkopirit – sfalerit – pirit – rudno ležište). Za rudne formacije tzv. „mješovitog“ karaktera, u kojima su vodeće komponente predstavljene i metalničnim i nemetalničnim mineralima, korišteni su nazivi i vodećih metala i vodećih minerala (barit – olovo – cinkova/ galenit – sfaleritova/ rudna formacija), dok su za naziv mineralnog tipa (rudnog ležišta, pojave) korišteni nazivi vodećih minerala.

Zbog činjenice da se u Bosni i Hercegovini nalazi veliki broj rudnih ležišta i pojava metalničnih i nemetalničnih mineralnih sirovina, nastalih u procesima egzogene metalogenije, a uvažavajući njihov značaj, u ovom radu dat im je isti tretman kao i rudnim formacijama nastalim u procesima endogene metalogenije. One imaju niz karakteristika koje upućuju na potrebu da se klasifikuju kao rudne formacije ili njihovi dijelovi. Prisutne su u hercinskom i alpskom metalogenetskom ciklusu. Kao primjer dovoljno je navesti pojave slojevito – sočivastih tijela limonita prekrivenih permotrijaskim sedimentima i pojave slojeva i sočiva limonita i branda u prijedorsko – omarskom polju kod Prijedora koje su prekrivene sedimentima pliokvartara. Ta rudna ležišta i pojave pokazuju statističku postojanost osnovnih mineraloških i hemijskih osobina i morfoloških oblika na regionalnom prostoru.

## **Metalogenetska rejonizacija**

Metalogenetska rejonizacija Bosne i Hercegovine izvršena je na osnovu saznanja o razmještaju rudnih ležišta i pojava čvrstih mineralnih sirovina u vremenu i prostoru i na osnovu saznanja o kontrolnim faktorima koji su dirigovali tim razmještanjem.

Metalogenetska rejonizacija Bosne i Hercegovine je urađena na osnovu podataka dobijenih izradom Pregledne metalogenetsko – prognozne karte Bosne i Hercegovine (**I. Kubat i E. Ramović, 1977 - 1979**) i **E. Ramović et al., 1979 - 1983**), zatim podataka Metalogenetske karte Bosne i Hercegovine, 1:500.000 (**I. Kubat et al., 1978**) i podataka Metalogenetske karte Bosne i Hercegovine, 1:200.000 (**E. Ramović, 1984**).

Na Metalogenetskoj karti Bosne i Hercegovine izdvojen je veći broj metalogenetskih jedinica: rudnih polja, rudnih centara (rudnih čvorova) i rudnih rejonova, čiji su geološki i rudni produkti stvoreni u kaledonskom, hercinskom i alpskom metalogenetskom ciklusu, odnosno u paleoalpskoj, mezoalpskoj i neoalpskoj metalogenetskoj epohi.

Osnovni kriterijum za prostorno izdvajanje kontura metalogenetskih jedinica koje pripadaju određenom metalogenetskom ciklusu, odnosno epohi, jeste postojanje rudnih produkata stvorenih u tom periodu, kao i postojanje geoloških formacija koje predstavljaju depozicionu sredinu u kojoj je odložena rudna supstanca. Konture metalogenetskih jedinica su označene bojom mineralizacionog intervala u kome su stvoreni njihovi rudni produkti.

Pod „**rudnim rejonom**“ podrazumijevamo rudonosnu površinu veličine preko 500 km<sup>2</sup> u kojoj se nalaze rudna ležišta i pojave stvorene u jednom metalogenetskom ciklusu, odnosno epohi. „**Rudni centar (čvor)**“ je rudonosna površina izometrijskog ili nepravilnog oblika, čija veličina varira između cca 100 – 120 i cca 500 km<sup>2</sup>, u kojoj se nalaze rudna ležišta i pojave stvorene tokom jedne metalogenetske epohe. U okviru rudnog centra jasno se mogu izdvojiti najmanje metalogenetske jedinice, „**rudna polja**“, čija veličina rijetko dostiže površinu od preko 100 km<sup>2</sup>, u kojima se nalaze rudna ležišta i pojave istog morfološkog i genetskog tipa stvorene tokom jedne metalogenetske epohe.

Sve izdvojene metalogenetske jedinice – rudni rejonovi, rudni centri i rudna polja, dobile su svoj naziv prema geografskom položaju i prema vodećoj ili vodećim mineralnim sirovinama.

Simbolima je označena njihova pripadnost određenom metalogenetskom ciklusu, odnosno metalogenetskoj epohi: C – kaledonski, H – hercinski i P – alpski orogeno – magmatsko – metalogenetski ciklus i P – paleoalpska, M – mezoalpska i N – neoalpska metalogenetska epoha.

Ovdje je potrebno napomenuti da neogeni jezerski bazeni Bosne i Hercegovine, u kojima se nalaze rudna ležišta mrkog uglja i lignita, kao i nekih drugih mineralnih sirovina, nisu izdvajani kao metalogenetske jedinice, mada to, sami po sebi, predstavljaju. Ovo je urađeno zbog velike sličnosti u nastanku i razvoju njihovih geoloških i rudnih produkata i u cilju rasterećenja Metalogenetske karte Bosne i Hercegovine.

Prikaz izdvojenih metalogenetskih jedinica vrši se putem prezentacije najvažnijih karakteristika geološke, strukturne i metalogenetske gradje. Nešto veća pažnja daje se prikazu rudnih polja. U opisu tih jedinica akcent je dat prikazu karakteristika geološke gradje, magmatizma, morfoloških i genetskih karakteristika rudnih tijela, njihovog mineraloškog i hemijskog sastava. Posebno su naznačeni važniji regionalni i lokalni elementi strukturno – tektonske i litološko – stratigrafske kontrole rudnih ležišta i pojava. Također su date i informacije koje omogućuju utvrđivanje prospekcionih kriterijuma i prospekcionih indikatora za otkrivanje skrivenih rudnih tijela u povoljnim metalogenetskim sredinama.

U okviru prikaza daju su osnovne geohemijske karakteristike rudnih ležišta i pojava mineralnih sirovina. Prikazani su rezultati raznovrsnih geohemijskih istraživanja, praćeni rezultatima mineraloških i petroloških proučavanja petrogenih i rudnih produkata. Ta ispitivanja daju brojne podatke koji će omogućiti bolje razumijevanje metalogenetskih procesa i njihovih produkata nastalih tokom geološke evolucije.

Kada su u pitanju rudna ležišta i pojave nastale u procesima egzogene metalogenije data je diskusija nekih problema vezanih za model obrazovanja takvih ležišta. Ta diskusija obuhvata pitanja izvora i porijekla rudnih i pratećih metala, mehanizam njihovog izdvajanja iz primarnog izvora, mogući način transporta tih metala i uslove u kojima je izvršeno deponovanje metala u novoj depozicionoj sredini.

Za opis geohemijskih karakteristika rudnih ležišta i pojava čvrstih mineralnih sirovina koriste se svi rezultati masenospektohemijjskih, izotopskih, geotermometrijskih i drugih ispitivanja uzoraka primarnog i sekundarnog oreola rasijavanja mikroelemenata u rudnim ležištima i pojavama.

Rezultati mineraloško – petrografskih, sedimentoloških, hemijskih i geohemijskih ispitivanja daju podaci o rudnim ležištima i pojavama mineralnih sirovina, odnosno o njihovom hemijskom i geohemijskom sastavu i uslovima njihovog nastanka, što ima i svoj praktični značaj.



**ENES RAMOVIĆ<sup>1</sup>**

## **GENEZA RUDONOSNIH DOLOMITA VAERŠKOG REGIONA**

Na osnovu rezultata raznih durgotarjnih istraživanja i ispitivanja utvrđene su osnovne zajedničke karakteristike i uopšteni model obrazovanja rudonosnih dolomita rudnog centra Vareš – Srednje – Olovo i orudnjenja obojenih metala u njima.

Mineraloškim ispitivanjima utvrđen je veći broj petrogenih i metaličnih minerala i više petrografskih varijeteta karbonatnih stijena. Posebni značaj imaju karbonati: kalcit, dolomit, Fe–kalcit, Mn–kalcit, ankerit i siderit. Javljaju se u različitim oblicima, veličini zrna i raznim međusobnim i kvantitativnim odnosima. Među njima dolomit je najčešći. Nastao je metasomatskom zamjenom primarnog morskog sedimentnog karbonata - kalcita. Potvrda za taj zaključak nalazi se u pojavi zonalnosti u idiomorfim romboedarskim kristalima dolomita koja se manifestuje kroz promjenu sastava pojedinih zona. Pri tome je centralni dio kristala izgrađen od kalcita, središnja zona je od Fe–kalcita (kalcit sa prko 1 % Fe u strukturi), dok je vanjska zona izgrađena od dolomita. Učešće minerala dolomita je različito i varira u rasponu od 50 – 95 %, što znači da se proces dolomitizacije odvijao različitim intenzitetom u pojedinim lokalitetima i u različitim dijelovima dolomitskih masa. Osim dolomita redovno su prisutni kalcit, Fe–kalcit, Mn–kalcit, ankerit i siderit.

I rudnih minerala ima više. Dominantni su sfalerit, galenit i barit. Javljaju se u sitnijim ili krupnijim zrnima. zrnastim agregatima i pojedinačnim kristalima gradeći žice i žilice, zatim nepravilna nagomilanja, a prisutni su i u vezivu rudnih breča.

Česta su koloidna, metakoloidna i struktura potiskivanja sfalerita galenitom. Grade zajedničke parageneze, pri čemu sfalerit, galenit i drugi metalični minerali ispunjavaju međuprostore tabličastih kristala barita u vidu žica i žilica i nagomilanja. Pored toga, sfalerit i galenit se javljaju u vidu sitnozrnih uprskanja (diseminacija) u dolomitnoj osnovi i u vidu krupnih agregata. Od minerala gvožđa utvrđeni su pirit, markasit, getit, hematit, limonit, ankerit i siderit.

Sedimentološkim ispitivanjima je utvrđeno da je dolosparit dominantan varijetet u rudnim poljima Gornje Borovice, Vareša, Veovače i Srednjeg. Izgrađeni su od pomenutih karbonatnih minerala i terigene komponentne predstavljene kvarcom, plagioklasima i liskunima. Struktura dolosparita je sitno do srednjozrnasta, mikrokristalasta sa fino dispergovanom glinovitom materijom predstavljenom ilitom, zatim reliktima mikrokristalaste karbonatne materije i sa prisustvom amorfne silicijske materije. Pored ovih, utvrđeni su i dolospariti heterogenog sastava i strukture, izgrađeni od krupnih kristala i žilica dolomita, barita, kvarca i rudnih minerala.

U dolosparitima je utvrđeno je više varijeteta. Česti su pjeskoviti dolospariti, laporoviti, gvoždeviti, konglomeratični i silifikovani i orudnjenji varijitet. Zapažena je i pojava postepenog prelaza jednog u drugi varijitet dolosparita.

Posebno treba naglasiti da je utvrđeno prisustvo kalkrudita. Izgrađeni su od fragmenata krečnjaka i raznih varijeteta dolosparita i intrasparita cementovanih sitnokristalastim dolosparitskim materijalom, sa ili bez žilica barita, i metaličnih minerala. Pojava kalkrudita, stijena brečaste teksture, potvrđuje prekide između pojedinih faza dolomitizacije koji su izazvani povremenim tektonskim akcijama.

Pored navedenih petrografskih varijeteta utvrđeno je i podređeno učešće kvarcita, rožnaca i mikrosparita.

-----  
Dr ENES RAMOVIĆ, dipl. inž. geologije, GEO ETA, DOO, SARAJEVO, Ul. Mehmeda MUJEZINOVIĆA br. 24 (033 – 538 – 607; MOB: 061 211 871).

Hemijskim ispitivanjima rudonosnih dolomita utvrđene su velike varijacije osnovnih komponenti. One su posebno izražene u sadržajima  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  i  $\text{BaSO}_4$  i jasno definišu jak intenzitet procesa dolomitizacije u rudnom polju Srednjeg, zatim silifikacije u Varešu i Veovači, sideritizacije i baritizacija u Veovači i Selištu. Interesantno je da je proces ankeritizacije slabo izražen.

Procesi orudnjavanja olovom i cinkom su, takođe, različito izraženi. Te razlike su utvrđene i u pojedinim nivoima jednog istog profila. Ovi podaci nameću zaključak o višefaznom djelovanju procesa dolomitizacije, silifikacije, ankeritizacije, sideritizacije, baritizacije i orudnjavanja rudonosnih dolomita, kao i različit intenzitet i ekstenzitet tih procesa u ovom prostoru i vremenu njihovog djelovanja.

Spektrohemijskim ispitivanjima rudonosnih dolomita utvrđen je veliki broj mikroelemenata čiji sadržaji variraju u različitim graničama. Najinteresantnije sadržaje i distribuciju su pokazali Pb, Zn, Cu, Ba, Sr, Cr, Ni, Ti i Hg. Njihovi sadržaji ukazuju, ne samo na mogućnost njihove koncentracije koja bi bila od ekonomskog interesa, nego i na činjenicu da su donešeni rudonosnim hidrotermalnim rastvorima. Taj zaključak je potvrđen odnosom Ba i Sr koji je skoro uvijek na strani viših sadržaja Ba. Ovaj zaključak potvrđuju i visoki sadržaji Cd, As i Sb na svim lokalitetima. Sadržaji Cr, Ni, V i Ti koji, mjestimično, pokazuju visoke vrijednosti upućuju na zaključak da hidrotermalni rastvori vode porijeklo od intermedijarne magme.

Ispitivanjima sadržaja i distribucije žive utvrđeno je da se i ovaj mikroelement javlja u visokim do anomalnim koncentracijama što znači da su hidrotermalni rastvori bili njime obogaćeni.

Jedna od važnih geohemijskih specifičnosti su česte vertikalne i horizontalne varijacije sadržaja indikativnih mikroelemenata na svim lokalitetima što dokumentuje različit intenzitet i ekstenzitet geohemijskih procesa koji su izvršeni u rudonosnim dolomitima u ovom prostoru tokom njihovog djelovanja. Ista konstatacija se može dati i na osnovu rezultata masenospektrometrijskih ispitivanja. Odsustvo ili niski sadržaji Be, B, F, W, Sn, Mo, Y i Zr ukazuju da hidrotermalni rastvori nisu bili obogaćeni ovim mikroelementima i da ti rastvori nisu nastali odvajanjem od kisele granitске magme.

Radiohemijska ispitivanja su pokazala da ti rastvori nisu bili obogaćeni radioaktivnim elementima, uranom i torijumom.

Pored toga veoma je važno istaći da su ovim ispitivanjima potvrđeni procesi metasomatske zamjene ranijih i postanak novih minerala i parageneza.

Na osnovu ispitivanja homogenizacije tečno-gasnih inkluzija može se dati uopšteni model sukcesije stvaranja rudnih i pratećih minerala u rudonosnim dolomitima rudnog centra Vareš- Srednje –Olovo: dolomit ( $160-124^0\text{ C}$ ) – barit ( $230-130-80-50^0\text{ C}$ ) – siderit ( $145-70^0\text{ C}$ ) – sfalerit ( $140-60^0\text{ C}$ ) – kvarc ( $\text{cca } 120^0\text{ C}$ ) – kalcit ( $110-80^0\text{ C}$ ) – žični dolomit ( $135- 65^0\text{ C}$ ).

Ispitivanjima kristalne strukture galenita sa lokaliteta Veliki Do i Veovača utvrđene su sličnosti u njegovom sastavu. Galenit ovih lokaliteta sadrži Ni, Cu i Sb pored Pb i S, iz čega proističe zaključak da je kristalisao iz rastvora koji su bili istog porijekla, odnosno iz rastvora koji su nastali diferencijacijom intermedijarne magme koja je dala stijene rudonosne efuzivne dijabaz – spilit – keratofir – andezitske formacije.

Na osnovu prikaza metalogenetskih karakteristika i rezultata geohemijskih ispitivanja geoloških i rudnih produkata u ovom rudnom centru može se zaključiti da je geneza ruda crnih i obojenih metala i barita vršena u složenim geološkim, tektonskim i metalogenetskim procesima.

Generalno posmatrajući sveukupne rezultate tih procesa, koji su se odvijali tokom srednjeg i gornjeg trijasa, mogu se izdvojiti dvije osnovne grupe genetskih procesa.

U prvoj grupi su procesi stvaranje rudnih ležišta i pojava gvoždja i mangana u područjima Vareša i Čevljanovića. To su singenetske tvorevine vulkanogeno – sedimentnog tipa. Porijeklo jona Fe i Mn je vulkanogeno. Drugačije porijeklo se ne bi moglo prihvatiti kada se uzme u obzir činjenica da se radi o rudnim tijelima koja su, često, velikih dimenzija.

Kada su u pitanju rudonosni dolomiti i ležišta i pojave obojenih metala u njima, koja pripadaju drugoj grupi genetskih procesa, potrebno je istaći da imaju više zajedničkih karakteristika i sličnosti sa sličnim rudonosnim dolomitima i ležištima u SAD (Mississippi-Valey tip), u krakovsko - šleskom regionu u Poljskoj i u regionu istočnih Alpa.

Dosadašnjim geološkim istraživanjima u rudonosnim dolomitima u regionu Vareša utvrđeno je više morfoloških i paragenetskih tipova Pb-Zn ležišta sa ili bez barita.

Najveći ekstenzitet i intenzitet imaju stratifikovani dolomiti anizijskog kata.

Drugi tip manjeg ekstenziteta i promjenljivog intenziteta je tip tzv. „rudnih breča“ u kojima ima više podtipova. To su: heterogene barit – polimetalne breče u Veovači, zatim tektonske dolomitske breče u Gornjoj Borovici (Veliki Do, Radokovac, Križ), konglomeratično – brečasta tijela na lijevoj obali Rače u Mainama kod Srednjeg i „kremencalk“ u rudnim ležištima Droškovac i Smreke. Takođe je, u dolomitima, utvrđeno prisustvo tzv. „intraformacijske orudnjene breče“ ili „orudjenih kalkrudita“. Pored ovih tipova, na lokalitetu Rupice u Gornjoj Borovici se nalazi sočivasto tijelo barit – polimetalne rude koje je konkordantno uloženo između dolomitičnih krečnjaka anizijskog kata, u podini, i različitih vulkanogeno-sedimentnih litoloških članova, u krovini. Nedaleko od ovog ležišta, između Juraševca i Brestića, nalazi se žično tijelo Pb-Zn-Cu rude. Treba pomenuti i tanke, „mm – cm“ žilice galenita i drugih minerala, kao i dismenacioni tip orudnjenja u dolomitima.

Svi morfološki tipovi Pb-Zn rude, sa ili bez barita, pokazuju velike sličnosti njihove geološke i strukturno-tektonske gradje i mineraloško-petrografskih, hemijskih, spektrohemijskih i geotermometrijskih karakteristika.

Rudna tijela su deponovana u srednjotrijaskim stijenama u kojima su prisutne i magmatske stijene.

Tektonske karakteristike su slične na različitim lokalitetima ovog rudnog centra.

Mineraloški sastav rudnih tijela i njihovih depozicionih sredina je relativnog jednostavan, osim u rudnim brečama gdje se karakteriše heterogenošću i prisustvom više rudnih i pratećih minerala.

Hemijski i geohemijski sastav je sličan u svim rudnim poljima i odraz je promjene geohemijskih specifičnosti rudonosnih hidrotermalnih rastvora i depozicione sredine u vremenu u kome su djelovali.

U svim tim sredinama utvrđene su promjene izražene dolomitizacijom, ankeritizacijom, sideritizacijom, baritizacijom, orudnjavanjem sulfidima Pb, Zn i Cu i slifikacijom. Njihovi različiti intenziteti na različitim lokalitetima su odraz promjene geohemijskih specifičnosti pulsirajući hidrotermalnih rastvora koji su izvršili te promjene i specifičnosti metalogenetskih sredina u kojima su deponovana orudnjenja.

Rezultati geotermometrijskih ispitivanja tečno-gasnih inkluzija su potvrdili da su rudni i prateći minerali nastali iz toplih rudonosnih hidrotermalnih rastvora. Temperature homogenizacije inkluzija su pokazale da su ti procesi vršeni u intervalu od 160-200, rjeđe do 230 oC, do 80-50 oC. To znači da su topli rudonosni hidrotermalni rastvori, koji su ascendirali duž tektonski preferiranih pravaca, bili u temperaturnom nivou mezotermalne faze kada su dospjeli u sredinu predstavljenu srednjotrijaskim karbonatnim sedimentima u regionu Vareša.

Petrogena sredina anizijskog kata bila je izgrađena, skoro u cjelini, od karbonatnih sedimenata veoma pogodnih za proces metalosomatske zamjene. U njenim nižim nivoima dominantno mjesto su imale dolomitske stijene. Prvi proces koji se, dolaskom toplih rudonosnih hidrotermalnih rastvora, počeo odvijati bio je predstavljen dolomitizacijom, tj. rastvaranjem ranije stvorenog kalcita u karbonatnim sedimentima i stvaranjem minerala dolomita. Ovaj proces je bio omogućen prinosom jona magnezijuma hidrotermalnim rastvorima. Jedino na taj način se može objasniti koločina Mg – jona potrebna da se izvrši dolomitizacija anizijskih karbonata u obimu, velikih razmjera kakve pokazuju rudonosni dolomiti u regionu Vareša. Međutim, treba istaći da je dio magnezijuma već postojao u dolomitskim stijenama anizijskog kata, na ovom području sa alpskim tipom razvoja srednjeg trijasa, koji je remobilisan u procesima metasomatoze i stvaranja rudonosnih dolomita.

Slijedeći značajan proces jeste proces ankeritizacije i sideritizacije. Treba pomenuti da je proces ankeritizacije dosta slabo izražen. I za ove procese joni Fe i Mn bili su donešeni rudonosnim hidrotermalnim rastvorima.

Odlaganje jona Zn i Pb i kristalizacija sfalerita i galenita je izvršena nakon procesa dolomitizacije, ankeritizacije i seditizacije, pri čemu je prvo odložen sfalerit, a zatim galenit koji često potiskuje sfalerit. Ovakav redoslijed odlaganja sfalerita i galenita utvrđen je rudnomikroskopskim i geotermometrijskim ispitivanjima. Sfalerit je predstavljen kleofanom, varijetatom medno žute boje koji je siromašan gvoždjem. To znači da je jon gvoždja ranije ugrađen u strukture drugih minerala i da su rastvori iz kojih je kristalisao sfalerit bili osiromašeni ovim metalom.

Nakon toga izvršeno je, na nižim temperaturama, deponovanje krupnih kristala kalcita druge generacije, kvarca i žičnog dolomita.

Jedan od poslednjih procesa koji se odvijao u rudonosnim dolomitima jeste proces silifikacije koji je predstavljen deponovanjem amorfne silicijske mase u dolomitima, uz stvaranje tzv. "sekundarnih kvarcita".

Kada je u pitanju stvaranje barita treba istaći da je njegovo stvaranje počelo tokom odvijanja završnih faza procesa dolomitizacije, ankeritizacije i sideritizacije, na temperaturama između cca 160 i 200, a rjeđe i do 230<sup>0</sup> C. Pri tome treba istaći da su neki bariti stvoreni i na niskim temperaturama, ispod 100<sup>0</sup> C, što nagovještava da je ovaj mineral stvaran u više generacija.

Prema svim izloženim podacima i karakteristikama proističe zaključak da „rudonosni dolomiti“ i Pb-Zn rudna tijela, sa ili bez barit, predstavljaju metasomatska tijela nastala u epigenetskim uslovima djelovanjem toplih rudonosnih hidrotermalnih rastvora u karbonatnoj metalogenetskoj sredini.

Metasomatska aktivnost se odvijala kroz dugotrajne i česte pulzacije hidrotermalnih rastvora koji su se kretali tektonski preferiranim pravcima i uz povremene tektonske akcije. Metasomatoza je bila pospješena i poroznošću karbonatne sredine.

Kada je u pitanju geneza raznih tipova rudnih breča potrebno je reći, uz raniju konstataciju o sličnosti njihovih karakteristika, da postoje i određene razlike. Razlike su uslovljene raznim paleogeografskim karakteristikama sredina depozicije u kojima su rudne breče nastale. S tog aspekta izdvojene su tipične tektonske breče, intraformacijske rudne breče (orudnjeni kalkruditi) i tip konglomeratično-brečastih tijela na obali rijeke Rače u Mainama, zatim u Veovači, Droškovcu i Smreki u Varešu.

Tip rudnih breča na lokalitetu Veliki Do je epigenetskog karaktera. Nastao je na rasjedu u dolomitima. Jasno su izraženi procesi orudnjavanja breča u kojima je vezivo sa baritom, sfaleritom, galenitom, halkopiritom i piritom cementovalo oštrugaone fragmente dolomita.

Tip intraformacijskih rudnih breča (orudnjeni kalkruditi) je, takodje, epigenetski. Nastao je u procesima povremenih tektonskih akcija uz koje su se odvijali i procesi metasomatoze dolomita. Pri tome su fragmenti metasomatiziranih dolomita cementovani, takodje metasomatiziranim, dolosparitiskim vezivom u kome se nalaze i rudni minerali. Nakon tektonskih akcija obnovljene su pulzacije toplih rudonosnih hidrotermalnih rastvora koji su izvršili metasomatozu pojedinih krečnjaka fragmenata i njihovo cementovanje vezivom u kome su bili i joni rudnih metala.

Geneza rudnih breča u Veovači i „kremencalka“ u Smreki i Droškovcu je još uvijek nedovoljno razjašnjena. To se odnosi na problem paleogeografskih karakteristika sredine u kojoj su breče nastale.

U Veovači je položaj rudnog ležišta između litoloških članova anizijskog i ladinskog kata. Sličan je i položaj „kremencalka“ koji leži između siderita i hematita i bliže prelazu anizijskog u ladinski kat.

Pojava konglomeratično – brečastog rudnog tijela na lijevoj obali Rače u Mainama nije precizno definisana, zbog pokrivenosti tetena, sa aspekta njenog položaja u stratigrafskom stubu. Takodje nije definisan ni njen odnos prema naslagama stratifikovanih dolomita na profilu kod starog potkopa na padini koji je od ovih breča udaljen cca 150m.

Prema tome, položaj rudnih breča u rudnim poljima Gornje Borovice i Vareš-Veovača je, u stubu trijasa, viši u odnosu na stratifikovane dolomite ovih lokaliteta, odnosno viši je u odnosu na siderit kada se posmatra „kremencalka“ u Droškovcu. Ista konstatacija se može dati i za odgovarajuća tijela u Mainama.

I petrografski sastav rudnih breča, u kome su fragmenti i slabije do jače zaobljeni komadi stijena paleozojske, donjotrijske i anizijske starosti, potvrđuje konstataciju da su mlađe od rudonosnih dolomita.

Važnu potvrdu za zaključak da je prinos jona Ba, Zn i Pb izvršen hidrotermalnim rastvorima u ležištu Veovača nalazimo u dosta pravilnoj zonalnosti razmještaja rude sa različitim sadržajima Pb i Zn i BaSO<sub>4</sub> na horizontima +1008 i +1038 (D.Veljković, 1979). Na hemijskim kartama ovih horizonata jasno se zapaža da su u središnjim dijelovima ležišta zone sa najvišim sadržajima BaSO<sub>4</sub> i Pb+Zn, dok se prema periferiji ležišta javljaju zone sa nižim sadržajima ovih komponenti. Lokalna odstupanja od ove zakonitosti mogu se objasniti naknadnim tektonskim pokretima koji su uslovlili deformisan oblik ovog ležišta, zatim obnavljanjem procesa prinosa ovih elemenata u rudno ležište, kao i mogućim promjenama koje su izvršene tokom prinosa elemenata u depozicionu sredinu a koje su bile izložene kroz različite pravce tokova rudonosnih hidrotermalnih rastvora. Takodje, treba pomenuti i promjene koje su se odvijale tokom oksidacionih procesa.

Mineralni sadržaj u brečama je, skoro u potpunosti, deponovan u vezivu. Predstavljen je baritom, sfaleritom, galenitom i, rjeđe, drugim sulfidnim mineralima i sulfosolima. Takodje treba napomenuti da barit izostaje u rudnoj breči u Mainama.

Petrografski sastav rudnih breča odraz je sastava sredina u kojima su nastale. Fragmenti se karakterišu uglastim i, rjeđe, zaobljenim oblicima. To je odraz, ne samo mineraloškog sastava tih fragmenata, nego i njihovog kratkog kretanja.

Sa strukturno – tektonskog stanovišta, rudna tijela rudnih breča, na svim lokalitetima, su izdužena u jednom pravcu što je uslovljeno tektonskim pokretima koji su preferirali sredine u kojima je materijal breča deponovan. Uz ovo treba istaći da je, u cijelom rudnom centru, izražena tektonika reversnog rasjedanja i kraljuštanja naslaga. Ti pravci predstavljali su i pravce duž kojih su došli i kojima su curkulisali rudonosni hidrotermalni rastvori. Duž tih pravaca vršeno je kretanje magme koja je dala produkte rudonosne dijabaz – spilit – keratofir – andezitske formacije i prateće tufove i tufite. Dio tih magmatskih produkata je očvrstnuo u tim dovodnim kanalima i tako postao tzv. „žična facija“ ove efuzivne formacije.

Ta vulkanska aktivnost je bila, svakako, višekratna i dugotrajna. Započeta je, najvjerojatnije, sredinom ili u gornjem dijelu anizijskog kata, doživjela svoj maksimum na prelazu anizijskog u ladinski kat u kome se odvijala, također, u više faza u kojima je stvorena vulkanogeno – sedimentna formacija i završila se, najvjerojatnije, krajem ladinskog kata.

Pojave ritmičkog smjenjivanja slojeva sa sedimentnim strukturama i teksturama u brečama Veovače i „kremenčalku“ Vareča su specifični fenomeni koji izdvajaju ove breče iz okvira klasično shvaćenih tektonskih rudnih breča. Te pojave su mogle nestati u procesima u kojima su rudonosni hidrotermalni rastvori, ulazeći u depoziciju sredinu pod visokim pritiskom uzburkali istaloženi i nedovoljno litifikovani materijal koji je, kasnije, sedimentiran zajedno sa stvaranjem rudnih minerala.

Nastanak sočivastog rudnog tijela barit – polimetalne rude u Rupicama predstavlja, također, specifičan slučaj odvijanja metalogenetskih procesa u trijasi rudnog centra Vareš – Srednje – Olovo. Njegov sočivasti oblik i konkordantni položaj u ladinskim naslagama vulkanogeno – sedimentne formacije ukazuje na singenetski način postanka. Međutim, uzotopska ispitivanja sumpora su dokazala da je sumpor magmatskog porijekla i da je donešen hidrotermalnim rastvorima. Tu je utvrđena pojava izotopskog paragenetskog efekta koji potvrđuje da su sfalerit, galenit i halkopirit nastali istovremeno, tokom spore kristalizacije iz rudonosnih hidrotermalnih rastvora. Ista pojava je zapažena i u žičnom rudnom tijelu u Juraševcu.

Na osnovu tih podataka može se zaključiti da su rudna tijela u Rupicama i Juraševcu i Brestiću nastala iz rudonosnih hidrotermalnih rastvora. Pri tome, vjerovatno, rudna žica između Juraševca i Brestića predstavlja apofizu rudnog tijela u Rupicama, što je indicirano i geofizičkim ispitivanjima, prema navodima D. Veljkovića (1973). Njeno deponovanje je izvršeno u tektonskoj pukotini koja je predstavljala dovodni kanala rudonosnih rastvora za rudno tijelo u Rupicama i u kojoj je rudno tijelo deponovano nakon deponovanja rudnog tijela u Rupicama.

Žične pojave koje su utvrđene i na drugim lokalitetima ovog rudnog centra, predstavljaju, najvjerojatnije, jednu od posljednjih faza hidrotermalne aktivnosti na ovom području.

# HEMIJSKA KLASIFIKACIJA I NOMENKLATURA TERCIJARNIH VULKANSKIH STIJENA SJEVEROISTOČNE BOSNE

Z. Salkić<sup>1</sup>, B.Lugović<sup>2</sup>, E.Babajić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dr.sc. Zehra SALKIĆ, docent, RGGF Tuzla, [salkicz@yahoo.com](mailto:salkicz@yahoo.com)

<sup>2</sup>Dr.sc. Boško Lugović, izvan.prof., RGN Zagreb, [blugovic@rgn.hr](mailto:blugovic@rgn.hr)

<sup>3</sup>Mr.sc. Elvir BABAJIĆ, v.as., RGGF Tuzla, [elvir.babajic@untz.ba](mailto:elvir.babajic@untz.ba)

**Ključne riječi:** hemijska klasifikacija, nomenklatura, tercijarne vulkanske stijene, sjeveroistočna Bosna

**Key words:** chemical classification, nomenclature, Tertiary volcanic rocks, northeastern Bosnia

## Sažetak

Postorogene vulkanske stijene različite tercijarne starosti veoma su rasprostranjene u Savsko-vargarskoj zoni Dinarida i u jugoistočnom dijelu Panonskog bazena. Južno od Savsko-vargarske zone tercijarne vulkanske stijene javljaju se u sjeveroistočnoj Bosni, u širem području Srebrenice unutar drinsko-ivanjičkog kompleksa. Stijene imaju holokristalastu do hipokristalastu porfirsku strukturu sa fenokristalima plagioklasa, sanidina, kvarca, biotita, hornblende, podređeno ortopiroksena i izuzetno rijetko klinopiroksena. Na osnovu preovladavajućih feromagnezijskih minerala utvrđeno je prisustvo različitih varijeteta dacita i andezita.

Većina analiziranih stijena sjeveroistočne Bosne su visoko-kalijski kalcijско-alkalijski daciti i andeziti, osim bazaltnog andezita Dimnića koji pripada kalcijско-alkalijskoj seriji, i trahandezita Crnog Gubera koji pripada šošonitnoj seriji stijena. Najveća razlika između klasifikacija i nomenklatura zasnovanih na sadržaju glavnih elemenata (TAS-dijagram i K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> dijagram) i klasifikacija prema sadržaju imobilnih elemenata u tragovima (SiO<sub>2</sub>-Zr/TiO<sub>2</sub> i Zr/TiO<sub>2</sub>-Nb/Y dijagrami) ogleda se u izdvajanju trahandezita. Na Th/Yb-Ta/Yb i Ce/Yb-Ta/Yb dijagramima svi analizirani uzorci padaju u polje šošonitne serije stijena.

## Summary

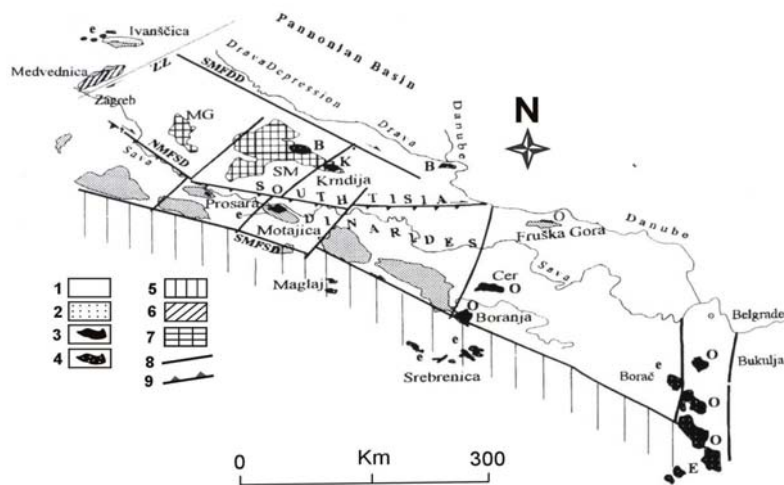
Postorogenic volcanic rocks of different Tertiary ages are very common in the Sava-Vardar Zone of the Dinarides and in the southeastern part of adjoining Pannonian Basin. South of the Sava-Vardar Zone, in Bosnia and Herzegovina, Tertiary volcanic rocks occur within in the northeastern Bosnia, the wider area of Srebrenica, which occur within the Drina-Ivanjica complex. The rocks have holocrystalline to hypocrySTALLINE porphyritic texture with phenocrysts of plagioclase, sanidine, quartz, biotite, hornblende, subordinate orthopyroxene and rarely clinopyroxene. According to ascendent Fe-Mg minerals various types of dacites and andesites were terminated.

Most of the analyzed samples of northeastern Bosnia are high-K calc-alkaline dacites and andesites, except a basaltic andesite of Dimnići which belongs to the calc-alkaline series, and a trachyandesite of Crni Guber which belongs to the shoshonite series. The largest difference between classifications and nomenclatures based on contents of major elements (TAS-diagram i K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> diagram) and classification according to contents of immobile trace elements (SiO<sub>2</sub>-Zr/TiO<sub>2</sub> i Zr/TiO<sub>2</sub>-Nb/Y diagrams) is segregation of trachyandesite. On Th/Yb-Ta/Yb i Ce/Yb-Ta/Yb diagrams all analyzed samples fall in the field of shoshonite series.

## 1. Uvod

Tercijarne vulkanske stijene veoma su rasprostranjene unutar Dinarida, a u najvećoj mjeri zastupljene su u suturnoj Savsko-vargarskoj zoni (SVZ) (Boev et al., 2000) (Sl.1). U manjem stepenu javljaju se u susjednim tektonostratigrafskim jedinicama, odnosno, u rubnim sjeverozapadnim dijelovima susjedne Dinaridske ofiolitske zone i u južnom Panonskom bazenu.

U sjeveroistočnoj Bosni tercijarne vulkanske stijene javljaju se u široj okolini Srebrenice, unutar paleozojsko-trijaskih alohtonih formacija. Smatra se da je magmatska aktivnost, koja je proizvela ove stijene, postkolizijska i da je uzrokovana prelazom iz kompresijskog režima tokom eocena u transpresijsko-transtenzijsku fazu početkom oligocena (Pamić & Balen, 2001).



Sl. 1. Uproštena geološka karta sjeverozapadnog dijela Savsko-vargarske zone i južnog Panonskog bazena (Pamić & Balen, 2001)

1- Neogeni sedimenti Panonskog bazena, uključujući i NW dio egersko-egenburških sedimenata; 2- Savsko-vargarska zona; 3- Tercijarne granitoidne formacije: E- eocenski sinkolizioni, O- oligocenski postkolizioni, e- egersko-egenburgški kalcijsko-alkalijski vulkaniti; 4- Tercijarne vulkanske formacije: O- oligocenski šošoniti i kalcijsko-alkalijska vulkanska tijela, K- karpatski šošoniti, B- badenski kalcijsko-alkalijske vulkanske formacije; 5- Dinaridska ofiolitska zona uključujući paleozojsko-trijasku navlaku; 6- oblast austrijskih Alpa; 7- tisijsko-varisijski kristalasti kompleks; 8- rasjed; 9- navlaka.

Veći rasjedi: SMFDD- južni marginalni rasjed dravske depresije; NMFSD- sjeverni marginalni rasjed savske depresije; SMFSD- južni marginalni rasjed savske depresije; ZZ- Zagreb-Zemlin.

Planine: MG- Moslavačka Gora; SM- Slavonske planine.

Tercijarne vulkanske stijene sjeveroistočne (i centralne) Bosne, čiji je nastanak povezan sa dinamikom kolizije afričke i euroazijske kontinentalne ploče u dinaridskom segmentu (Pamić et al., 2002), volumetrijski predstavljaju najvažnije članove post-orogenih vulkanskih formacija SVZ, Dinarida i Helenida (Balen & Pamić, 2001)

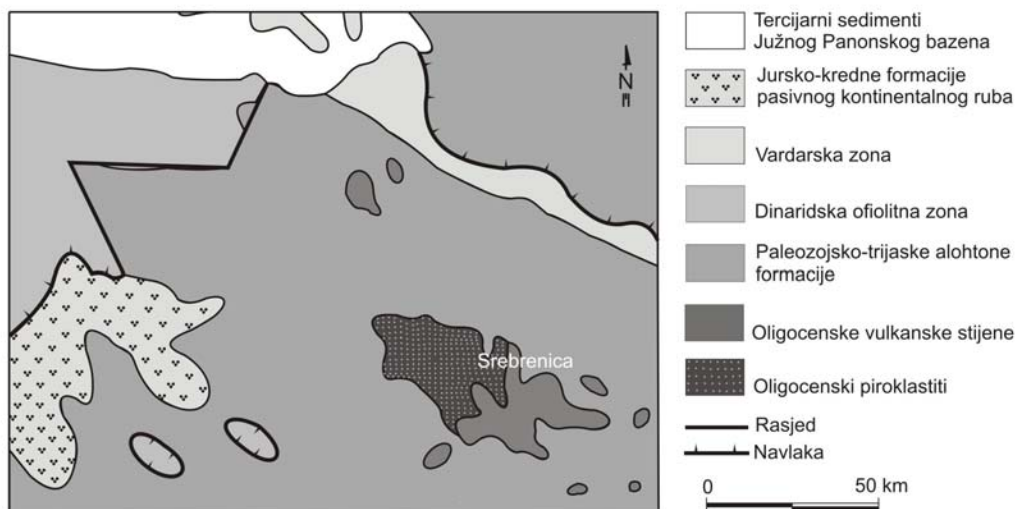
Prema postojećim podacima stijene su klasificirane kao daciti i andeziti. U ovom radu izvršena je moderna klasifikacija tercijarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne na osnovu njihovog hemizma.

## 2. Lokalne geološke karakteristike

U sjeveroistočnoj Bosni kao produkti tercijarnog magmatizma javljaju se: granodioriti, daciti, andeziti, tufovi, kvarclatiti, bazalti, lamprofiri i hidrotermalno izmijenjeni daciti i andeziti (Slika 2.). Okolne stijene ispitivanih uzoraka su paleozojski metaklastiti sa podređenim krečnjacima, rožnjacima i metabazaltima Drinjsko-ivanjičkog kompleksa.



Glavno srebreničko tijelo proteže se preko, približno, 250 km<sup>2</sup> i predstavlja djelimično erodovan subaeralni stratovulkan izgrađen od vulkanskih i piroklastičnih stijena (Kišpatić, 1904a, 1904b; Tajder, 1953, 1960; Tajder & Zebec, 1975; Karamata, 1960; Trubelja, 1971, 1972; Trubelja & Paškvalin, 1962; Pamić, 1976, 1996, i dr.).



**Slika 2.** Šematska geološka karta šire okoline Srebrenice

Daciti i andeziti uzorkovani su u rejonu gradića Srebrenice i sjeveroistočno od Srebrenice na lokalitetima Kvarac, Ažlice, Sase i Lisac. Veće ili manje pojave ovih stijena javljaju se između Srebrenice i Potočara, kao i u potoku iznad Potočara. Otkrivene i relativno dobro očuvane mase dacita nalaze se južno i jugozapadno od Bratunca u blizini Čauša i mjesta Skakavac. Jedna izolovana masa dacita nalazi se na lijevoj obali rijeke Drine, sjeverno od Bratunca i Ljubovije. U zoni orudnjenja-piritizacije kod Crnog Gubera, u blizini Srebrenice, utvrđena je pojava trahandezita. Na putu prema Dimnićima, gdje se javljaju rijetki proboji bazalta, pored andezita pronađen je i bazaltni andezit mafitnog izgleda.

### 3. Analitičke metode

Za analizu hemijskog sastava odabrano je 22 uzorka koji su reprezentativni za sve lokalitete. Za 12 uzoraka, početne signature S, hemijske analize stijena na glavne elemente urađene su metodom rendgenske fluorescentne analize (XRF) u Institutu MTA u Ankari, Turska. Elementi u tragovima i elementi rijetkih zemalja (REE), za šest reprezentativnih uzoraka, određeni su metodom masene spektrometrije s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS) u instituciji "Activation Laboratories Ltd.", Ontario u Kanadi.

Za preostalih 10 uzoraka, označenih brojevima: 88-41 do 88-54, metodom rendgenske fluorescentne analize disperzije valnih dužina (WDXRF) određeni su glavni elementi i slijedeći mikroelementi: Rb, Ba, Pb, Nb, Sr, Zr, Y i Zn. REE, Cs, Th, U, Ta, Hf, Sc, Cr i Ni analizirani su metodom instrumentalne neutronske aktivacijske analize (INNA). Koncentracija FeO određena je titracijom; H<sub>2</sub>O gravimetrijski, a CO<sub>2</sub> infracrvenom spektrometrijom. Navedene analize urađene u Institutu za petrografiju i geohemiju Univerziteta u Karlsruheu u Njemačkoj.

#### 4. Osnovne mineraloško-petrografske karakteristike stijena

Mineraloško-petrografska ispitivanja pomoću polarizacijskog mikroskopa i rezultati XRD analize (Salkić, 2005) pokazala su da polovinu ispitivanih stijena čine različiti varijeteti dacita: biotitni dacit (Srebrenica, Ljubovija, Čauš, Skakavac); hipersten-hornblenda-biotitni dacit (Ažlica, Lisac) i augit-hipersten-biotitni dacit (Potočari, Srebrenica, Skakavac). Prema preovladavajućem sadržaju bojenih minerala među andezitima se mogu izdvojiti: biotitni andezit (Srebrenica-Ažlica); hipersten-biotini andezit (Srebrenica, Crni Guber); hipersten-hornblenda-biotitni andezit (Ažlica) i hiperstenski andezit (Potočari). Klasifikacija stijena urađena je na osnovu semikvantitativnih procjena, pošto kvantitativno određivanje, zbog finoće zrna matriksa nije bilo moguće.

Stijene imaju holokristalastu do hipokristalastu porfirsku strukturu sa fenokristalima plagioklasa, sanidina, kvarca, biotita, amfibola, hiperstena i podređeno augita. Plagioklasi predstavljaju dominantne fenokristale. Biotit je najobilniji feromagnezijski mineral. Iza njega, po zastupljenosti, dolaze hornblenda i ortopiroksen, dok je klinopiroksen veoma rijedak fenokristal. Mikrokristalasti do kriptokristalasti *matriks* u najvećem procentu sastavljen je od sanidina, plagioklasa i kvarca. Pored ovih leukokratnih minerala u matriksu se često javljaju biotit, hornblenda, rjeđe sitni kristali hiperstena, izuzetno rijetko augita i akcesorni minerali (apatit, cirkon, rutil, magnetit, pirit). Kao produkti alteracije različitih minerala javljaju se sekundarni minerali: kaolinit, kalcit, hlorit, rijetko epidot, dolomit i limonit.

Tabela 5.1. Hemijski sadržaj odabranih glavnih i elemenata elemenata tercijarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne (Salkić, 2005)

uzorak	Tip stijene	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Zr	Nb	Y	Th	Yb	Ta	Ce
S-1	VK-CA A	55.52	2.65	0.06	2.46		16.80	0.76							
S-2	VK-CA A	56.85	2.79	2.57	3.86		7.01	0.85							
S-3	VK-CA A	59.00	3.03	2.65	2.63		6.22	0.74	182	10.3	20.6	15.8	2.08	0.80	104
S-4	VK-CA D	62.54	3.32	2.94	1.32		6.25	0.72	224	10.7	29.4	16.0	2.41	0.84	107
S-5	VK-CA A	59.52	3.20	2.76	2.06		6.35	0.67							
S-6	VK-CA A	58.50	3.29	2.60	2.84		6.05	0.60							
S-7	VK-CA D	62.87	3.28	3.26	2.08		4.73	0.57	157	8.9	15.9	14.5	1.52	0.91	85.4
S-8	VK-CA D	63.01	3.32	3.20	2.30		4.49	0.47							
S-9	Š B	60.05	4.77	2.29	2.87		7.82	0.65							
S-10	VK-CA A	58.36	2.67	2.77	3.99		7.21	0.77	190	8.1	22.7	16.4	2.22	0.70	103
S-11	CA BA	53.56	1.40	2.23	5.52		7.70	0.81							
S-12	VK-CA A	58.37	2.65	2.78	4.20		7.18	0.70	203	7.6	21.9	16.7	2.21	0.73	102
88-41	VK-CA D	65.40	3.41	3.85	1.70	2.60	0.66	0.44	136	11.0	17	14.98	1.40	0.95	66.7
88-42	VK-CA A	59.70	2.99	3.08	1.77	4.03	0.75	0.66	149	11.3	21	15.00			
88-43	VK-CA D	60.70	3.04	2.75	3.20	3.73	1.56	0.74	145	10.7	22	18.20	2.08	0.74	87.5
88-48	VK-CA D	61.40	3.45	2.80	2.34	2.99	2.13	0.61	197	11.6	26	19.10	2.12	0.85	90.8
88-49	VK-CA A	59.80	3.11	3.11	1.71	3.10	2.19	0.68	191	10.7	24	17.00			
88-50	VK-CA D	61.10	3.34	2.85	2.45	4.08	0.64	0.60	194	11.8	25	20.00			
88-51	VK-CA D	65.80	3.48	3.77	1.65	1.98	1.38	0.45	151	10.7	18	16.40	1.32	0.97	71.9
88-52	VK-CA D	65.80	3.47	3.48	1.67	2.03	1.46	0.47	148	10.9	19	16.30	1.39	0.98	73.0
88-53	VK-CA D	61.90	3.02	3.09	2.36	2.94	1.94	0.64	155	11.2	22	17.70	1.78	0.81	91.2
88-54	VK-CA D	65.20	3.50	3.27	1.74	1.55	2.11	0.48	157	11.0	18	16.85	1.32	0.92	75.7

Skraćenice za lokalitete: S- i 88- Srebrenica. Skraćenice za pripadnost seriji stijena: Š šošonitna serija, VK-CA visokokalijska kalcijsko-alkalijska serija, CA kalcijsko-alkalijska serija. Skraćenica za tip stijena: B banakit, D dacit, A andezit, BA bazaltni andezit. Oksidi glavnih elemenata dati su u masenim postocima (%). U uzorcima S-1 do S-12 ukupno željezo je izraženo kao Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

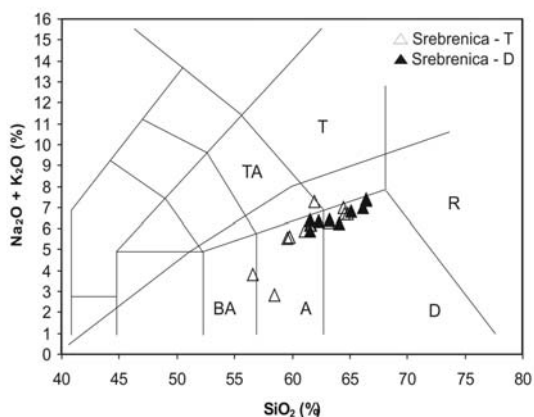
## 5. Hemijska klasifikacija i nomenklatura tercijarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne na osnovu sadržaja glavnih elemenata

Od velikog broja hemijskih klasifikacija magmatskih stijena, neke su zasnovane na kompletnoj hemijskoj analizi, a druge samo na dijelu hemijskog sastava. U ovom radu korištene su klasifikacije koje se zasnivaju na dijelu hemijskog sastava. Sadržaji glavnih i elemenata u tragovima, korištenih na prezentiranim klasifikacijskim dijagramima, dati su u tabeli 5.1.

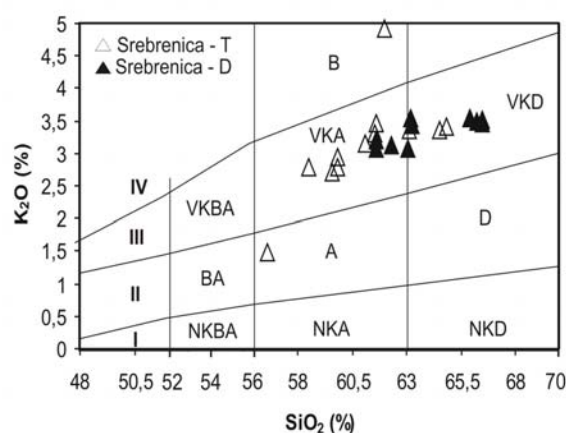
### 5.1. Klasifikacija stijena prema TAS-u

Klasifikacija i nomenklatura tercijarnih vulkanskih stijena okoline Srebrenice izvršena je prema sadržaju oksida glavnih elemenata. Prije nanošenja težinskih % oksida hemijske analize su preračunate na 100%, slobodne od volatila.

Prema odnosu sadržaja ukupnih alkalija ( $K_2O+Na_2O$ ) i  $SiO_2$  (TAS dijagram) većina analiziranih stijena (11 uzoraka) su daciti i andeziti (9 uzoraka) (Sl. 5.1.). Efuziv iz zone orudnjenja "Crni Guber" izdvaja se kao trahiandezit (šošonit), a uzorak iz okoline Dimnića kao bazaltni andezit. Prema graničnoj liniji, koja tercijarne vulkanske stijene dijeli na alkalijske i subalkalijske (Irvin & Baragar, 1971), sve ispitivane stijene padaju u polje subalkalijske serije (toleitne) stijena. Propilitisani andezit brda Kvarac (S-1) i bazaltni andezit Dimnića (S-11) imaju znatno niži sadržaj ukupnih alkalija od ostalih stijena zbog gubitka alkalijskih elemenata kroz alteraciju.



**Slika 5.1.**  $(Na_2O+K_2O)-SiO_2$  dijagram za klasifikaciju i nomenklaturu tercijarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne (Le Bas et al., 1992) (T-trahit; R-riolit; D-dacit; A-andezit; TA-trahiandezit; BA – bazaltni andezit). T u legendi označava uzorke urađene u Turskoj, a D u Njemačkoj.



**Slika 5.2.**  $K_2O-SiO_2$  dijagram za razvrstavanje vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne u serije prema sadržaju  $K_2O$  naspram  $SiO_2$  (Peccerillo & Taylor, 1976)

I nisko-K (toleitna) serija; II kalcijsko-alkalijska serija; III visoko-K kalcijsko-alkalijska serija; IV šošonitna serija; VKBA visoko-kalijski bazaltni andeziti; BA bazaltni andezit; NKBA nisko-kalijski bazaltni andeziti; B banakit; VKA visoko-kalijski andezit; A andezit; NKA nisko-

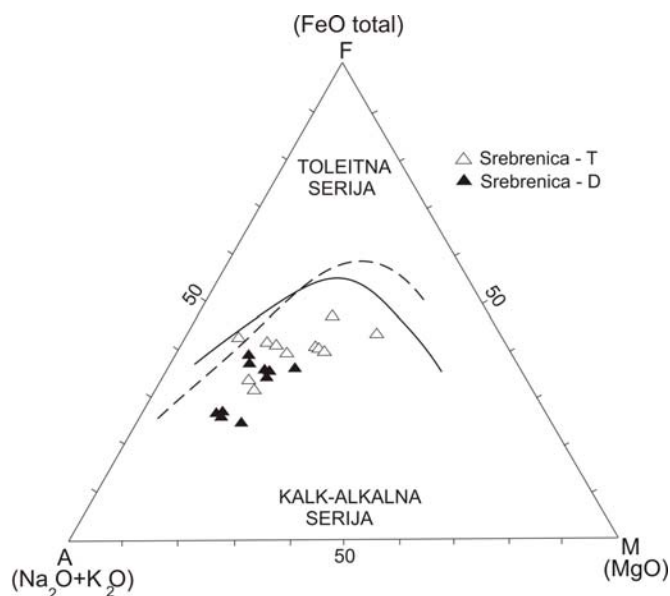
### 5.2. Klasifikacija stijena prema sadržaju $K_2O$ naspram $SiO_2$

Na  $K_2O$ - $SiO_2$  dijagramu (Peccerillo & Taylor, 1976), pomoću kojeg se stijene razvrstavaju u serije, osim trahandezita Crnog Gubera koji se nalazi u polju banakita iz šošonitne serije i uzorka iz Dimnića koji se projicira u polje andezita iz kalcijско-alkalijske serije, uzorci stijena formiraju trend unutar visoko-kalijske kalcijско-alkalijske serije stijena i većim dijelom pripadaju visoko-kalijskim dacitima, a manjim dijelom visoko-kalijskim kalcijско-alkalijskim andezitima (Sl. 5.2.).

Jedan od nedostataka ove klasifikacije je što pojedini klasifikacijski trendovi ne moraju biti dovedeni u skladu sa modalnim sastavom stijena. Tako je bazaltni andezit, prema ovom dijagramu klasificiran kao andezit.

### 5.3. AFM dijagram

AFM dijagram je najpopularniji od trokomponentnih varijacijskih dijagrama a uključuje sumu  $Na_2O+K_2O$  (A), sumu željeza kao  $FeO$  (F) i sadržaj  $MgO$ . Ovaj dijagram koristi se za razlikovanje toleitских i kalcijско-alkalijskih diferencijacijskih trendova u subalkalijskim serijama magmi (Kuno, 1968; Irvin & Baragar, 1971). Ispitivane stijene na AFM dijagramu formiraju diferencijacijski trend karakterističan za evoluiranu kalcijско-alkalijsku seriju stijena (Sl. 5.3.).



**Slika 5.3.** AFM dijagram za tercijarne vulkanske stijene sjeveroistočne Bosne (isprekidana linija-Kuno, 1968; puna linija-Irvin & Baragar, 1971)

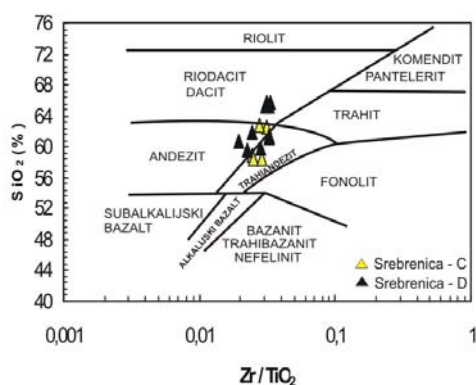
## 6. Hemijska klasifikacija tercijarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne prema sadržaju manje mobilnih i imobilnih elemenata

Za dodatnu, a često i precizniju klasifikaciju vulkanskih stijena različitih serija koriste se koncentracije i omjeri koncentracija imobilnih glavnih i elemenata u tragovima (Ti, Zr, Y, Nb, Ce, Yb, Th, Ta). Imobilni elementi prilikom alteracije pa i metamorfoze ostaju u novonastalim mineralima, ili, ako su dijelom izluženi, ostaju u istom ili vrlo sličnom koncentracijskom omjeru kao i u svježim magmatskim stijenama.

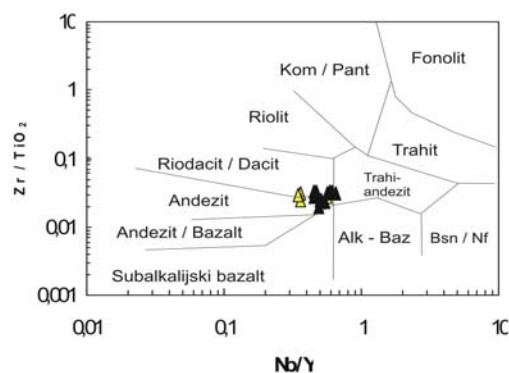
## 6.1. Klasifikacija stijena prema $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$ dijagramu

Klasifikacija stijena prema  $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$  i  $\text{Zr/TiO}_2\text{-Nb/Y}$  dijagramima (Winchester & Floyd, 1977) prvenstveno služi za raspoznavanje originalnih tipova vulkanskih stijena koje su metamorfozom ili alteracijom promijenili mineralni sastav, s obzirom da je zasnovana na sadržaju elemenata u tragovima koji ostaju inertni u toku izmjene stijena. Omjeri Nb/Y i  $\text{Zr/TiO}_2$  su indikatori alkalnosti, ali samo  $\text{Zr/TiO}_2$  predstavlja indeks diferencijacije. Dakle, sa povećanjem sadržaja  $\text{SiO}_2$  omjer  $\text{Zr/TiO}_2$  kod alkalijskih i subalkalijskih tijela se razlikuje, te se na dijagramu alkalijske vulkanske stijene projiciraju odvojeno od subalkalijskih.

Na  $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$  dijagramu za klasifikaciju terciarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne (Winchester & Floyd, 1977) većina analiziranih uzoraka formira trend od polja andezita do dacita kao stijene koje pripadaju subalkalijskoj seriji (Sl. 6.1.). Neki uzorci sjeveroistočne Bosne formiraju kratki trend u polju trahiandezita, pripadnika umjereno alkalijske serije stijena. Vrste stijena dobijene prema ovoj klasifikaciji razlikuju se od onih dobijenih na TAS-dijagramu (Le Bas et al., 1992), gdje stijene skoro isključivo padaju u polje dacita i andezita, što je posljedica inicijalno povišenog sadržaja Zr.



**Slika 6.1.** Dijagram  $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$  za klasifikaciju terciarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne (Winchester & Floyd, 1977)



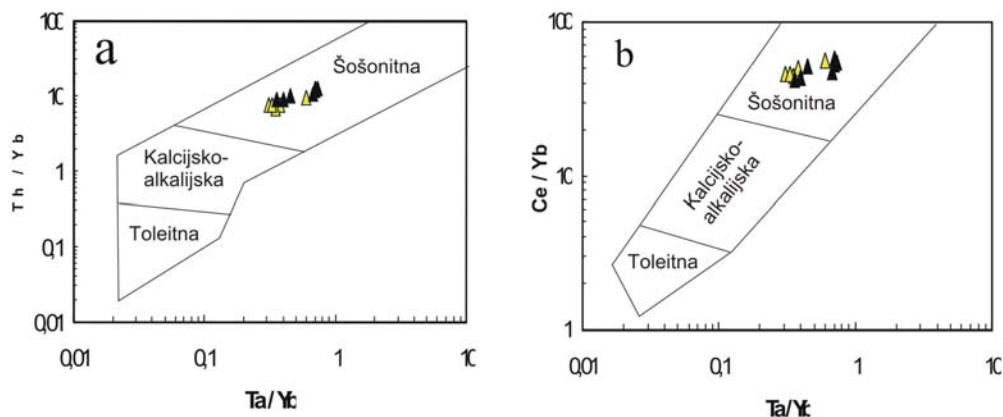
**Slika 6.2.** Dijagram  $\text{Zr/TiO}_2\text{-Nb/Y}$  za klasifikaciju terciarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne (Winchester & Floyd, 1977)

## 6.2. Klasifikacija stijena prema $\text{Zr/TiO}_2\text{-Nb/Y}$ dijagramu

b

Omjer Nb/Y indikator je alkalnosti u bazaltima i njihovim diferencijatima (Pearce & Cann, 1973). Izuzev najkiselije stijene, omjer Nb/Y od 0,67 dijeli subalkalijske od alkalijskih vulkanskih stijena (Sl. 6.1.b). Na  $\text{Zr/TiO}_2\text{-Nb/Y}$  dijagramu (Winchester & Floyd, 1977) uzorci iz šire okoline Srebrenice zauzimaju polje subalkalijskih andezita i dacita (Sl. 6.2.).

Prema ovoj klasifikaciji dobijene su iste vrste stijena kao i na  $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$  dijagramu, s napomenom da je samo 11 uzoraka, na oba dijagrama, klasificirano na isti način, a samo 5 uzoraka je na isti način klasificirano i na TAS-dijagramu.



6.3. Klasifikacija stijena prema Th/Yb-Ta/Yb i Ce/Yb-Ta/Yb dijagramima

**Slika 6.3.** Dijagrami Th/Yb-Ta/Yb (a) i Ce/Yb-Ta/Yb (b) za klasifikaciju tercijarnih vulkanskih stijena sjeveroistočne Bosne (Müller et al., 1992., modificirano prema Pearce, 1982)

Na Th/Yb-Ta/Yb i Ce/Yb-Ta/Yb dijagrami (Müller et al., 1992; modificirano prema Pearce, 1982) dijele vulkanske stijene na tri glavne serije: toleitnu, Ca-alkalijsku i šošonitnu. Na navedenim dijagramima (Sl. 6.3.) svi analizirani uzorci padaju u polje šošonitne serije stijena, što se ne slaže sa klasifikacijom vulkanskih stijena prema TAS dijagramu i K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> dijagramu gdje većina stijena pada izvan polja alkalijskih stijena.

## 7.0. Zaključak

Tercijarne vulkanske stijene sjeveroistočne Bosne (šira okolina Srebrenice) čine diferencijacijski niz bazaltni andezit-andezit-dacit i pripadaju vulkanskoj formaciji šošonitnih i visoko-kalijskih kalcijsko-alkalijskih stijena oligocenske starosti, čiji je nastanak povezan sa geodinamikom kolizije afričke i euroazijske ploče u segmentu Dinaridskog orogena.

Stijene imaju holokristalastu do hipokristalastu porfirsku strukturu sa fenokristalima plagioklasa, sanidina, kvarca, biotita, amfibola, hiperstena i podređeno augita. Mikrokristalasti do kriptokristalasti *matriks* u najvećem procentu sastavljen je od sanidina, plagioklasa i kvarca.

Prema TAS dijagramu i K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> dijagramu većina analiziranih stijena su visoko-kalijski varijeteti dacita i andezita, osim bazalnog andezita koji pada u polje andezita i pripada kalcijsko-alkalijskoj seriji, i trahandezita koji pada u polje banakita i pripada šošonitnoj seriji stijena.

Kod klasifikacije na osnovu manje mobilnih i imobilnih elemenata dolazi do javljanja jedne, u principu slične, ali manje jedinstvene slike. Najveća razlika između klasifikacije zasnovane na sadržaju glavnih elemenata (TAS-dijagram) i klasifikacija prema sadržaju imobilnih elemenata u tragovima (SiO<sub>2</sub>-Zr/TiO<sub>2</sub> i Zr/TiO<sub>2</sub>-Nb/Y dijagrami) ogleda se u izdvajanju trahandezita kao umjereno alkalijskih stijena. Prema ovom načinu klasificiranja trahandeziti čine jednu trećinu analiziranih uzoraka vulkanskih stijena. To su uzorci vulkanskih stijena koje imaju niži sadržaj SiO<sub>2</sub> i povišen omjer Zr/TiO<sub>2</sub> koji je posljedica inicijalno povišenog sadržaja Zr.

Na Th/Yb-Ta/Yb i Ce/Yb-Ta/Yb dijagramima svi analizirani uzorci padaju u polje šošonitne serije stijena, što se može objasniti povećanim sadržajem Th, Ta i Ce u analiziranim vulkanskim stijenama BiH, kao i povećanim učešćem ksenokristala kvarca u nekim analiziranim stijenama.

## 8.0. Literatura

- Balen, D. & Pamić, J. (2001): Tertiary shoshonite volcanic associations from the adjoining area of the South Pannonian Basin and Dinarides. *Acta Vulcan.*, 113(1-2), 117-125.
- Boev, B., Lepitkova, S., & Bermanec, V. (2000): Tertiary volcanic activity in the Inner Dinarides (Republic of Macedonia). *Vijesti hrv. geol. društva* 37/2, Dubrovnik, 26-28.
- Irvin, T.N. & Baragar, W.R.A. (1971): A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Con. J. Earth Sci.*, 8, 323-348.
- Karamata, S. (1960): Izvještaj o rezultatima analiziranja eruptivnih stijena okoline Srebrenice. Dokumenti fonda Geološkog zavoda, Sarajevo.
- Kišpatić, M. (1904a): Hiperstenski andezit i dacit iz srebreničke okolice u Bosni. 159 knjiga "Rada"JAZU, Zagreb, 1-27.
- Kišpatić, M. (1904b): Petrografske bilješke iz Bosne. *Rad Jug. Akad. znan.i umjet.*, Knjiga 159, Zagreb.
- Kuno, H. (1968): Differentiation of basalt magmas. In: Hess H.H., Poldevaart A. (eds.), *Basalt*, vol. 2. Wiley Intersciences Publ., New York, 624-628.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W. & Wooley, A.R. (1992): The consideration of the Total Alkali-Silica Classification of Volcanic Rocks. *Mineral. Petrol.*, 46, 1-22.
- Müller, D., Rock, N. M. S. & Groves, D. I. (1992): Geochemical discrimination between shoshonitic and potassic volcanic rocks in different tectonic settings: a pilot study. *Mineral. Petrol.*, 46, 259-289.
- Pamić, J. (1976): Alpski magmatsko-metamorfni procesi i njihovi produkti, kao indikatori geološke evolucije terena sjeverne Bosne. *Geološki glasnik*, knjiga 22, Sarajevo.
- Pamić, J. (1996): Magmatske formacije Dinarida, Vardarske zone i južnih dijelova Panonskog bazena. Nacionalna i sveučilišna biblioteka, Zagreb.
- Pamić, J. & Balen, D. (2001): Tertiary magmatism of the Dinarides and the adjoining South Pannonian Basin: an overview. *Acta Vulcanol.*, 13, 9-24.
- Pamić, J. & Balen, D. & Herak, M. (2002): Origin and geodynamic evolution of Late Paleogene magmatic associations along Periadriatic-Sava-Vardar magmatic belt. *Geodinamica Acta*, 15, 209-231.
- Pearce, J.A. (1982): Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (eds.): *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, 525-548, Chichester (u.a.) (J. Wiley & Sons).
- Pearce, J.A. & Cann, J.R. (1973): Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 290-300.
- Peccerillo, A. & Taylor, S.R. (1976): Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, 63-81.
- Salkić, Z., (2005): Petrologija i geohemija tercijarnih vulkanskih stijena u Bosni i Hercegovini, doktorska disertacija, RGGF Tuzla, Tuzla 2005.
- Tajder, M. (1951-1953): Biotitski dacit od Sasa kraj Srebrenice u Bosni. *Geol. Vjesnik*, 5/7, Zagreb, 63-72.
- Tajder, M. (1960): Dacit od Potočara kraj Srebrenice (Bosna). *Geol.vjesnik*,13, Zagreb, 145-148.
- Tajder, M. & Zebec, V. (1975): Hornblendski andezit kod Sikirića I propilitizirani andezit kod Fojhara, Srebrenica (Bosna). *Acta geologica*, VIII/15, Zagreb, 277-285.
- Trubelja, F. (1971): Mineraloško ispitivanje kaoliniziranog dacitoida iz okolice Bratunca. *Emajl-keramika-staklo*, 1, Zagreb, 38-44.
- Trubelja, F. (1972): Kaolinizirani sanidinski dacit u blizini Bratunca (okolica Srebrenice) u Bosni. VII Kongres geologa SFRJ, Zagreb.
- Trubelja, F. & Paškvalin, Lj. (1962): Lamprofiriska žica iz okolice Sasa kod Srebrenice u Bosni. *Geološki glasnik* br.6, Sarajevo, 61-64.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A. (1977): Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*