

# ŠPILJSKI SUSTAV MILJACKA I – MILJACKA V U KANJONU KRKE



Petra Kovač Konrad<sup>1,2</sup>, Goran Rnjak<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Speleološki odsjek HPD Željezničar, Zagreb

<sup>2</sup> Društvo za istraživanje krša Freatik, Zagreb

<sup>3</sup> Speleološki odsjek HPK Sv. Mihovil, Šibenik

## ► Uvod

Izvorište Miljacka, u dužini od gotovo 1000 m, predstavlja veći broj špilja i sitastih izvora smještenih u kanjonu rijeke Krke, 15 km nizvodno od Knina i neposredno pokraj HE Miljacka. Špiljski ulazi nalaze se nekoliko metara iznad riječnog korita, s najvećom međusobnom udaljenosti od oko 750 m (Miljacka II i sustav Miljacka I – Miljacka V). Najdulja istražena špilja u kanjonu je Miljacka II (3365 m), ali su značajni rezultati postignuti i u Miljacki IV (303 m), Miljacki III (112 m) i sustavu Miljacka I – Miljacka V (2456 m). Sve su navedene špilje hidrološki

aktivne, a trasiranjem je dokazana i povezanost s rijekom Zrmanjom (Fritz, 1972; Fritz i Pavičić, 1987; Bonacci 1987). U ljetnim mjesecima korito Zrmanje postaje suho na potezu od Mokrog polja do Ervenika, gdje se vodeni tok ponovno pojavljuje na površini i teče dalje do mora. Zrmanja počinje ponirati već u Radovoj drazi, a nastavlja duž toka kroz Mokro polje u brojnim ponorima neprolaznim za čovjeka te u ljetnim mjesecima njezino korito ostaje suho sve do Ervenika. Povezanost je vrlo kompleksna, od 100% ubačenog fluorescina u ponor u Mokrom polju, nakon 252 sata, u rijeci Krki

pojavilo se samo 30% fluorescina. Zbog tektonski prouzročenih pukotina i intenzivnog procesa okršavanja, podzemna cirkulacija vode između Zrmanje i Krke kreće se u mreži pukotina različitih smjerova te prolazi „dug“ put od Zrmanje do izvorišta Miljacke. Kompleksnost podzemnih tokova između Zrmanje i Krke je očita, a gubici vode u podzemlju nepoznanica su koju će rješavati još generacije hidrologa, geologa i speleologa. Špilje Miljacke, do sada ukupno istražene do duljine 6236 m, odlikuje poligenetski postanak u složenom geološkome okruženju, koje se sastoji od visokopropusnih naslaga,

propusnih naslaga, slabo propusnih naslaga, gotovo nepropusnih naslaga. Brojni rasjedi generalne orijentacije SI – JZ, koji su vezani uz glavne rasjede Dinarske orijentacije (Kapelj 2002, Perica i dr., 2005), prouzročili su laktasta skretanja rijeke Krke te su presijecanjem geoloških struktura bili jedni od dominantnih speleogenetskih faktora za izvor-špilje Miljacke. Visoka je litološka raznolikost uvjetovala složenu morfologiju kanala s izrazitim karakteristikama etažnih, razgranatih objekata.

### ► Špiljski sustav Miljacka I – Miljacka V

Miljacku I prvi je put istražila speleološka ekipa 1985. godine, pod vodstvom dr. Srečka Božičevića, dipl. ing. geol., u svrhu definiranja hidrogeologije sliva i izvorišne zone izvorišta Miljacka u kanjonu Krke. Tada je špilja istražena i topografski snimljena u duljini od 132 m. Kasnije je, tijekom 1998. godine, speleološka ekipa iz SO HPD Željezničar, predvođena Brankom Jalžićem, topografski snimila špilju Miljacka I do kraja prvog jezera. Istraživanja su nastavljena 2001. godine, kada je speleološka ekipa, sastavljena od članova SO PDS Velebit, SO HPD Željezničar i SJP PU Šibensko-kninske, a predvođena

Darkom Bakšićem i Teom Barišićem, istražila i topografski snimila 712 m kanala. Godine 2001. Josip Petričević i Teo Barišić zaronili su oko 100 m duljine i 13 m dubine u sifon na tadašnjem kraju špilje. Značajan je podatak da je u vrijeme ronjenja nivo vode u sifonu bio puno niži pa su ronionci tada trebali svladati oko 100 m manje nego Petra Kovač Konrad i Branko Jalžić 2016. godine. Špilja Miljacka V otkrivena je tijekom biospeleoloških istraživanja 1998. godine, kada je prođeno oko 80 m špiljskog kanala te su istraživači stali na sifonskom jezeru. Nacrt Miljacke V, čiji se ulaz nalazi u neposrednoj blizini Miljacke I, izrađen je 2001. godine. Tom su prilikom špilje međusobno povezane na početku prvog jezera.

S obzirom na to da je tijekom istraživanja 2016. godine pronađen veći broj sporednih kanala i da nije bilo moguće pronaći mjerne točke na koje bi se povezali, nacrt je u cijelosti ponovno izrađen. Nacrt špiljskog sustava Miljacka I – Miljacka V izrađen je u duljini 1530 m, a istraživanja je trebalo nastaviti. Velika metraža skupila se u suhom dijelu špilje, gdje su otkriveni novi paralelni kanali, ali je najznačajniji pomak ostvaren ronjenjem. Speleo-ronilačka istraživanja proveli su Petra Kovač Konrad i Branko Jalžić (DIK Freatik, SO HPD



Ulaz u Miljacku V  
Foto: Goran Rnjak

Željezničar), dok su speleološko-transportnu ekipu sačinjavali Katarina Koller Šarić (SO HPD Velebit), Vedran Sudar (SK Ozren Lukić), Marko Budić (SO HPD Željezničar), Alen Kirin (DIK Freatik) i Goran Rnjak (SO HPK Sv. Mihovil). Zaključak je bio da je za daljnja istraživanja potrebna veća ronilačka autonomija i da će biti potrebno koristiti zatvoreni krug disanja, a za prevaljivanja



Ulaz u Miljacku I  
Foto: Goran Rnjak



Potopljeni kanal čini veći dio sustava, a odlikuje se relativno jednostavnom morfologijom. | Foto: Petra Kovač Konrad

većih udaljenosti pod vodom bit će potrebno koristiti UPV (*underwater propulsion vehicle* ili *scooter*). Tijekom 2017. i 2018. godine nastavljena su daljnja istraživanja, a najznačajniji rezultati postignuti su ronjenjem. Speleo-ronilačka istraživanja proveli su Petra Kovač Konrad, Branko Jalžić i Frederic Swierczynski, dok su speleološko-transportnu ekipu činili Matea Talaja, Kristijan Hmura, Danko Cvitković, Marko Budić (SO HPD Željezničar), Đenis Barnjak (SO HPD Željezničar-Gospić), Alen Kirin (DIK Freatik), Tin Rožman (Hrvatsko biospeleološko društvo), Vedran Sudar (SK Ozren Lukić), Damir Basara (Osmica), Filip Filipović i Ivica Radić (SO HPD Velebit). Istraživanja je organizirala Udruga Hyla uz podršku NP Krka. Tijekom 2016., 2017. i 2018. godine dosegnuta je duljina od 2456 m.

Trenutna stvarna duljina Miljacke I i Miljacke V zajedno iznosi 2456 m s dubinom od 33 m i visinskom razlikom od 44 m. Špilje su međusobno povezane suhim i podvodnim putem

između 100 i 130 m od ulaza (Kovač Konrad i dr., 2016, Kovač Konrad i dr., 2017).

### ► Metode istraživanja potopljenih kanala

Za izradu nacrtu suhog dijela špilje korišten je uređaj Leica Disto, pomoću kojega su mjereni duljina, nagib i smjer pružanja kanala. Podaci su bilježeni na milimetarski papir, a nacrt je izrađen u mjerilu 1:500.

Za mjerenja dubine, azimuta i temperature vode koristio se ronilački kompjutor Suunto EON Steel koji sadrži digitalni kompas i mjernu traku. Svi podaci prikupljeni prilikom mjerenja zabilježeni su u plastificiranu bilježnicu za pisanje pod vodom. Obrada je podataka provedena u programu Speleoliti. Tijekom istraživanja koristila se arijadnina nit za označavanje udaljenosti od ulaza u sifon pa do izlaska iz sifona i kao osiguranje u slučaju zamućenja vode dizanjem

sitnozrnatog sedimenta s dna. U samom istraživanju potopljenog dijela prvi zadatak bio je postaviti sigurnosnu nit (Exley, 1980). Na njoj su, uz oznake udaljenosti, postavljene strelice koje označavaju smjer izlaza u slučaju dezorijentacije ili zamućenja. Od ronilačke su se opreme koristili zatvoreni krug disanja ili *rebreather* marke Innerspace, model Megalodon te otvoreni krug disanja. Udaljenost do završne točke istraživanja sada je oko 1000 m, za što je potrebna velika autonomija speleo-ronilaca. Za prelazak te udaljenosti koristili su se podvodni *scooteri* autonomije 5 km. Svaki speleo-ronilac uz *rebreather* koristio je 3 *bail-out* boce (spremnici plinova za disanje koji se koriste u slučaju kvara ili gubitka primarnog izvora plinova za disanje). Zbog težine i količine ronilačke opreme, ona je transportirana postupno, prilikom čega su se u vertikalnim dijelovima špilje koristili sustavi za podizanje tereta i tirolske prečnice za transport preko depresija u kanalu.



Dio potopljenog kanala u čijem se dnu nalazi 50 m duga pukotina | Foto: Petra Kovač Konrad

### ► Speleomorfologija i speleogeneza sustava Miljacka I – V

Speleogeneza i speleomorfologija sustava Miljacka I – Miljacka V vezane su uz tektonski poremećene Prominske naslage. Prema Kapelju (2002), na širem području Promine prevladavaju horizontalni rasjedi sa 46,24%, dok su dijagonalni rasjedi zastupljeni sa 28,25%, a vertikalni sa 25,51%. Ove su rasjedne strukture vidljive u morfologiji kanala. Samu morfologiju kanala uvjetovali su položeni slojevi promina naslaga debljine 0,7 – 1,5 m (Lukić 1990, Lukić 1992). Glavni kanal proširivao se duž međuslojne pukotine i u rubovima na pojedinim mjestima završava pukotinskim nišama. Ovaj dio kanjona Krke čini sinklinalna forma čija je os smjera SZ – JI, a ispresijecana je brojnim rasjedima (u Miljacka II horizontalni pomaci vidljiviji su nego u sustavu Miljacka I – Miljacka V). Može se zaključiti da je speleogenezu uvjetovala niz paralelnih rasjeda, koji su

definirali smjer pružanja Miljacke II i Miljacke I i Miljacke IV. Osim rasjednih struktura, na morfologiju kanala utječu uslojene naslage konglomerata i laporovitih vapnenaca. Iz nacrtu je vidljivo dominantno pružanje glavnog kanala s malom promjenom smjera SZ – JI do zadnjih 400 m.

Ulazi špilja Miljacka I i Miljacka V nalaze se nekoliko metara iznad razine rijeke, a međusobno su udaljeni 12 metara. Dimenzije ulaza Miljacke I i Miljacke V iznose 15 x 9 m i 1,5 x 1 m. Prvih 50 m Miljacke I kanal je visine između 1 m i 3 m, a širina je do 10 m. Pod je prekriven kamenim blokovima



Čovječja ribica zabilježena je na više mjesta u sustavu | Foto: Petra Kovač Konrad



Ulazni dio špilje Miljacka I  
Foto: Hrvoje Cvitanović

i kršjem. Nakon toga, kanal se povisuje i otvara u prostranu dvoranu sve do jezera iznad kojega se ujedno spaja s Miljackom V. Špilja Miljacka V ima ulaz među kamenim blokovima nakon čega se ulazi u špiljski kanal širok 1 m do 3 m, koji završava sifonskim jezerom kojim se vodenim putem spaja na jezero u Miljacki I. Miljacka I i Miljacka V također se spajaju u potopljenom dijelu prvog jezera. Kod jezera u Miljacki V kanal se sa 3 m povisuje do 10 m pa se spaja neposredno prije jezera na Miljacku I. Prvo jezero u Miljacki I dugo je oko 40 m, savladano je penjanjem i priječenjem, a nakon njega kanal se etažno razdvaja. Glavni, gornji kanal isprva se blago uspinje 10 m i nakon 40 m ponovno spušta na istu razinu, gdje se ujedno spaja s nižim i užim donjim kanalom, koji se, zadržavši približno istu razinu, proteže neposredno iznad vode. Donji je kanal širok i visok do 2 m, a da bi ga se prošlo, na nekim je mjestima potrebno i puzati, dok je gornji kanal

visok 3 do 5 m, a širok prosječno 10 m. Donji je kanal ispran i hidrološki aktivan veći dio godine, dok podnicu gornjeg prekrivaju kameni blokovi i blato. Na spoju kanala je manja dvorana iz koje se kanal strmo uspinje oko 10 m pa narednih 100 m zadržava visinu oko 3 m i širinu oko 7 m, nakon čega se blago spušta i u istom profilu nastavlja u obliku jezera oko 250 m do dijela gdje se dalje nastavlja isključivo ronjenjem. Već nakon posljednjeg *penja* u špilji, povećava se koncentracija CO<sub>2</sub> i disanje postaje gotovo nemoguće. Na dva mjesta duž kanala uočeni su bočni uski i niski kanali, koji su istraženi najviše do 30 m, a za njihovo daljnje istraživanje potrebno je uzeti malu bocu s kisikom. Neposredno prije prvog jezera u Miljacki I izdiže se visoka dvorana na čijem je vrhu uski kanal, koji je dosad prijeđen u samo nekoliko metara, a za daljnje napredovanje potrebno je proširiti suženje.

Potopljeni kanal špilje Miljacka I

odlikuje se relativno jednostavnom morfologijom. U istraživanjima 2017. godine vodostaj je bio 1 m niži, tako da mikrospeleološki oblici na dnu kanala tada nisu bili potopljivi. Budući da su ovi uočeni oblici (kaskade) nastali u vadoznim uvjetima, po njihovoj distribuciji može se zaključiti gdje se nalazi maksimalno nizak vodostaj. Na temelju toga, može se tvrditi da je 2017. godine bio jedan od najnižih vodostaja. Prvih 200 m potopljenog kanala pruža se u smjeru 280° – 290° i morfološki je najkompleksniji. U prvih 50 m duljine u kanalu se nalaze veliki blokovi stijena, što ukazuje na tektonske pokrete, a nakon blokova stijena, dolazi se do dijela kanala u čijem se dnu nalazi pukotina 5 m duboka, 1,5 m široka te 50 m duga, koja prati smjer pružanja kanala. Ova pukotina („kanjon“), u čijem dnu se nalaze valutice i vrtložni lonci, ukazuje na uvjete speleogeneze koji su predisponirani tektonskom pukotinom smjera 280° – 100°. Nakon 250 m duljine, postoje 2 laktasta skretanja,

Ispod ulaza u Miljacku I voda se gubi među kamenjem i odlazi u 20 m udaljenu Krku  
Foto: Hrvoje Cvitanović



nakon čega kanal nastavlja u smjeru NW. Nakon 400 m duljine, dolazi se do dijela kanala u čijem stropu je vidljiva pukotina visine 4 m, koja prati smjer kanala, a u čijem dnu se nalaze veliki kameni blokovi. Na ovome mjestu mijenjaju se uvjeti vidljivosti. U prvih 400 m potopljenog kanala vidljivost je 15 m, nakon 400 m kanala, vidljivost se smanjuje na 5 m i ostaje takva do 800 m duljine. Zašto se u ovom dijelu kanala vidljivost smanjuje na samo nekoliko metara, nije poznato, ali u stropu kanala vidljive su visoke pukotine s dosta sedimenta.

Potopljeni kanal ima blagi negativni nagib do 700 m duljine, kada doseže 40 m dubine. Nakon toga, ima pozitivni nagib, tako da nakon 800 m duljine dubina iznosi 36 m. Morfološki,

kanal zadržava gotovo isti oblik i iste dimenzije. Morfologiju uvjetuju subhorizontalno položeni slojevi promijena naslaga.

U ovih 200 m novoistraženih kanala morfologija samog kanala znatno se mijenja. Nakon 850 m u boku kanala nalazi se veliko zarušenje velikih kamenih blokova. Na ovome mjestu kanal naglo mijenja svoj smjer. Nakon 20 – 30 m kanal se smanjuje s dimenzija 4 x 3 m na 1,5 x 1,5 m. Ovdje se uočava veća količina sedimenta i potpuno odsustvo vodenog toka. Kanal se nastavlja u istim dimenzijama, dok se nakon nekoliko lakstastih skretanja dimenzije povećavaju. Kanal nadalje nastavlja u dimenzijama 3 x 4 m, generalno u smjeru sjevera. Zadnjih 70 m prije kraja istraživanog kanala, dubina se naglo

mijenja. Sa 800 m udaljenosti dubina se postupno smanjuje pa se pretpostavlja, s obzirom na morfologiju špilje Miljacka II, da i u ovom sustavu postoji mogućnost izranjanja u suhi dio špilje. Međutim, dubina se smanjuje od 36 do 30 m, a u zadnjem se dijelu, kroz dva nagla „skoka“, ponovno povećava na 40 m dubine. Ovim povećanjem dubine ponovo se ulazi u dublji dio freatske zone i nema mogućnosti za izranjanje. Zadnjih 30 m kanala je subvertikalnog položaja. U njegovu boku nalaze se veće količine sitnozrnatog sedimenta, što ukazuje na njegovu manju hidrološku aktivnost. U dnu kanala, on se nastavlja u obliku vertikalne pukotine dimenzija 2 x 1,5 m, što za daljnje istraživanje zahtijeva promjenu konfiguracije opreme kako bi se omogućio prolazak ronilaca kroz pukotinu. Mjesto na kojem se stalo s istraživanjima vertikalna je pukotina dimenzija 1,5 x 1 m s puno sedimenta, koja ukazuje na slabu hidrološku aktivnost ovog kanala. Pretpostavlja se da postoji na 800-tinjak m duljine potopljenog kanala još neki kanal koji nije uočen. Nakon 800 m kanal mijenja svoje dimenzije i morfologiju.

Pružanje kanala na udaljenosti 800 – 1000 m pokazuje i dalje dominantni pravac pružanja SZ –JI ili dinarski pravac pružanja, što ukazuje na to da je dominantna tektonika i dalje regionalnog tipa, odnosno da su borane strukturne forme dinarskog pravca pružanja, a uz njih je prisutan i utjecaj normalnih i reversnih rasjeda, koji su jedan od glavnih faktora speleogeneze. Freatska zona počinje već na oko 15 m dubine speleološkog objekta. Potopljeni su kanali prosječne dubine 20 – 25 m te vrlo blagog nagiba (2 – 3°) do 850 m duljine. Nakon toga, dolazi do naglih promjena dubine u kratkim duljinama, međutim, to se ne može povezati s litološkim promjenama, već s tektonskim pukotinama.

## ► Zaključak

Speleogeneza i speleomorfologija sustava Miljacka I – Miljacka V vezane su uz tektonski poremećene



Pogled iz špilje na ulaz Miljacke I  
Foto: Hrvoje Cvitanović

Prominske naslage (Grimani i dr, 1972, 1975, Ivanović i dr, 1967, 1976, 1983a, 1983b). Prema Kapelju (2002), na širem području Promine prevladavaju horizontalni rasjedi sa 46,24%, dok su dijagonalni rasjedi zastupljeni sa 28,25%, a vertikalni sa 25,51%. Ove rasjedne su strukture vidljive u morfologiji kanala. Samu su morfologiju kanala uvjetovali položeni slojevi promina naslaga debljine 0,7 – 1,5 m (Lukić 1990, Lukić 1992). Glavni kanal proširivao se duž međuslojne pukotine i u rubovima na pojedinim mjestima završava pukotinskim nišama. Ovaj dio kanjona Krke čini sinklinalna forma, čija je os smjera SZ – JI, a koja je ispresijecana brojnim rasjedima (u Miljacka II horizontalni pomaci vidljiviji su nego u sustavu Miljacka I – Miljacka V). Može se zaključiti da je speleogenezu

uvjetovao niz paralelnih rasjeda, koji su definirali smjer pružanja Miljacke II i Miljacke I i Miljacke IV. Osim rasjednih struktura, na morfologiju kanala utječu uslojene naslage konglomerata i laporovitih vapnenaca. Iz nacrtu je vidljivo dominantno pružanje glavnog kanala s malom promjenom smjera SZ – JI do zadnjih 400 m.

Osnovna poveznica špilja u zoni izvorišta Miljacka (Miljacka I – Miljacka V, Miljacka III, Miljacka IV i Miljacka II) je da su sve djelomično ili u cijelosti preplavljene vodom, što uvelike ovisi o vodnom režimu. Sve do sada poznate špilje (izuzev Miljacke III) nalaze se na desnoj obali Krke i prostiru se ispod platoa Bukovice. Trasiranjem je dokazano da se voda iz Zrmanje, koja ponire kroz Moko polje, u najvećoj količini pojavljuje

na izvorištu Miljacka, što je u hidrološkom pogledu zajednički naziv za nekolicinu izvora u obliku špilja, ili sitasto kroz kamenje uz obalu rijeke Krke. Pojavljivanje vode zabilježeno je u dužini od gotovo 1000 m pa je pitanje može li se u budućnosti očekivati spajanje kanala trenutno poznatih špilja. Kretanje vode kroz podzemlje može biti prostranim špiljskim kanalima, ali je moguće i procjeđivanje kroz mnoge, za čovjeka neprolazne, pukotine. Unatoč brojnim akcijama pretrage terena, na površini iznad špilja još uvijek nisu pronađeni ulazi kojima bi se moglo prodrijeti u podzemlje i olakšati istraživanje. Kompleksnost podzemnih tokova između Zrmanje i Krke je očita, a kretanje vode u podzemlju između ovih rijeka nepoznanica je koju će rješavati još generacije hidrologa, geologa i speleologa. Možda je špilja Golubnjača u Grulovićima, nedaleko od Kistanja, jedan od “izgubljenih” krakova toga podzemnog sustava. Naime, ova je špilja istražena u duljini od 2098 m, a kanali s vodom u njoj se nalaze već na oko 50 m dubine, dok se u zimskim mjesecima voda izdiže znatno više.

Postoji mogućnost daljnjeg napredovanja kroz sve špilje izvorišne zone Miljacka, kako u potopljenom dijelu tako i u suhome. Jedna od pretpostavki speleo-ronilaca je da na nekih 600 –800 m duljine potopljenog kanala postoji još jedan nastavak kanala, odnosno da bi bilo potrebno ponovno pregledati zadnjih 400 m istraživaniog dijela. Svaki je novi istražen metar iznimno težak, a perspektive za napredovanje dublje pod plato Bukovice u smjeru ponorne zone Zrmanje su ponajprije ronjenjem.

## ► Literatura

- Bonacci, O., (1999): Water circulation in karst and determination of catchment areas: example of river Zrmanja, Hydrological sciences Journal 44(3), 373-385
- Exley S., 1980: Basic cave diving, Cave Books, Jacksonville

- Fritz, F., (1972): Razvitak gornjeg toka rijeke Zrmanje, Krš Jugoslavije 8/1, Zagreb 1972,1-13
- Fritz, F., Pavičić, A. (1987): Sliv krškog izvora Miljacke u dolini Krke (Dalmacija). Zbornik referata IX. jugosl. Simpozija o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji. Knjiga 1, 97-101
- Grimani, I., Šikić, K., Šimunić, A., (1972): Osnovna geološka karta SFRJ list Knin, 1:100000, Savezni geološki zavod Beograd
- Grimani, I., Šikić, K., Šimunić, A. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ, 1: 100 000. Tumač za list Knin, Inst. geol. istr. Zagreb, Savezni geol. zavod Beograd
- Ivanović, A., Sakač, K., Marković, S., Sokač, B., Šušnjar, M., Nikler, L., Šušnjara, M., (1967): Osnovna geološka karta SFRJ list Obrovac, 1:100000, Beograd
- Ivanović, A., Sakač, K., Sokač, B., Vrsalović Carević, I., Zupanić, J. (1976): Tumač Osnovne geološke karte SFRJ za list Obrovac 1:100.000. Inst. geol. istr. Zagreb (1967), Savezni geol. zavod Beograd.
- Ivanović, A., Sikirica, V., Marković, S., Sakač, K., (1983a): Osnovna geološka karta SFRJ list Drniš, 1:100000, Beograd
- Ivanović, A., Sikirica, V., Marković, S., Sakač, K., (1983b): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Drniš. Inst. geol. istr. Zagreb (1978), Savezni geol. zavod Beograd
- Kapelj, J. (2002): Strukturni sklop šireg područja Promine u Sjevernoj Dalmaciji i odraz na hidrogeološke odnose, Doktorska disertacija, Geološki odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, pp. 108, Zagreb.
- Kovač Konrad P., Sudar V., Sušić A., Jelić D., Budić M., Rnjak G., Jalžić B. (2016): Nastavak populacijskih istraživanja čovječje ribice (*Proteus anguinus*) u špiljama Miljacka IV, I, V i III – Izvještaj
- Kovač Konrad P., Talaja T., Lauš B., Zadravec M. (2017): Nastavak speleoloških i biospeleoloških istraživanja špilje Miljacka I i Miljacka IV, Izvještaj
- Lukić, O. (1990): Geologija i geneza speleoloških objekata područja Nacionalnog parka „Krka“. Diplomski rad, RGN, Sveučilišta u Zagrebu, pp. 38, Zagreb
- Lukić, O. (1992): Speleološka istraživanja na području Nacionalnog parka „Krka“. Speleolog, 1990-1991 (godište 38/39), 4-15

## Miljacka I – Miljacka V cave system

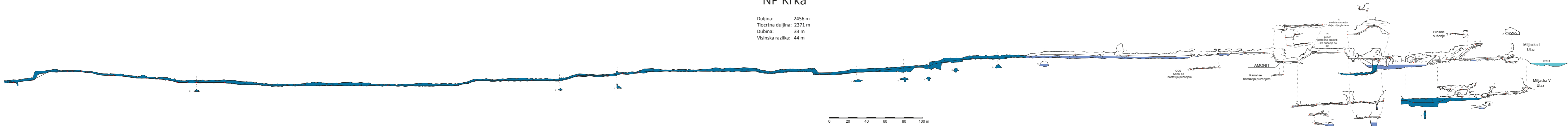
The Miljacka source is an approximately 1000 meters long area consisting of a large number of caves and springs located in the Krka River canyon 15 km downstream from Knin and nearby the Miljacka Hydropower plant. Cave entrances are situated several meters above the riverbed, with the maximum distance between them of 750 m (Miljacka II and Miljacka I-V system). The longest explored cave in the canyon is Miljacka II (3365 m), with significant results also achieved in Miljacka IV (303 m), Miljacka III (112 m) and Miljacka I-V system (2456 m). These caves are occasional or permanent springs, depending on the water level. Water tracing has proven its connection with Zrmanja river. During the summer months, Zrmanja riverbed dries out from Mokro polje to Ervenik, where the water reappears on the surface and flows to the Adriatic Sea. It is in Mokro polje where Zrmanja is lost in numerous sinkholes, inaccessible to man, and feeds into the Krka river. The connection is complex, given that only 30% of fluorescein fed into a sinkhole in Mokro polje emerges in Krka river 252 hours later. Due to tectonic cracks and intense karstification, the subterranean flow of water between Zrmanja and Krka works as a multidirectional network, making it a long way from Zrmanja to Miljacka source. The complexity of the subterranean water flows between Zrmanja and Krka is apparent, and the losses of water in the subterranean present a mystery to be uncovered by future generations of hydrologists, geologists and speleologists. Miljacka caves, so far explored up to a total of 6236 m of length, are characterised by polygenetic origin in a complex geological environment composed of highly permeable sediments, permeable sediments, poorly permeable sediments, almost impermeable and Quaternary sediments. Numerous faults, stretching from NE-SW have caused L shaped bends of Krka river. They were one of the dominant speleogenetic factors for spring caves of Miljacka. High lithological diversity has resulted in a complex morphology of channels with distinct features of multileveled and branched out caves.



# Špiljski sustav Miljacka I i Miljacka V

Ivoševci, Kistanje, Knin  
NP Krka

Duljina: 2456 m  
Tlocrtna duljina: 2371 m  
Dubina: 33 m  
Visinska razlika: 44 m



## Istraživanja provedena 15.-22.07.2018.

Crtali: Petra Kovač - Konrad, Branko Jalžić  
Mjerili: Frederick Swierczynski  
Ronili: Frederick Swierczynski, Petra Kovač - Konrad, Branko Jalžić  
Istražili: Udruga Hyla, SO Željezničar, SO Velebit, SO Željezničar Gospić, HBSD

## Istraživanja provedena 08.-16.07.2017.

Crtali: Petra Kovač - Konrad, Matea Talaja  
Mjerili: Frederick Swierczynski, Kristijan Hmura  
Ronili: Frederick Swierczynski, Petra Kovač - Konrad, Branko Jalžić  
Istražili: Udruga Hyla, SO Željezničar, SO Velebit, SO Željezničar Gospić, Breganja, HBSD

## Istraživanja provedena 10.-16.07.2016.

Crtali: Goran Rnjak, Petra Kovač - Konrad  
Mjerili: Katarina Koller, Branko Jalžić, Alen Kirin, Vedran Sudar, Marko Budić  
Ronili: Branko Jalžić, Petra Kovač - Konrad  
Istražili: Udruga Hyla, SO Velebit, SO Željezničar, SO Sv. Mihovil, Breganja, HBSD, SKOL

## Prijašnja istraživanja provedena 1998., 2001.

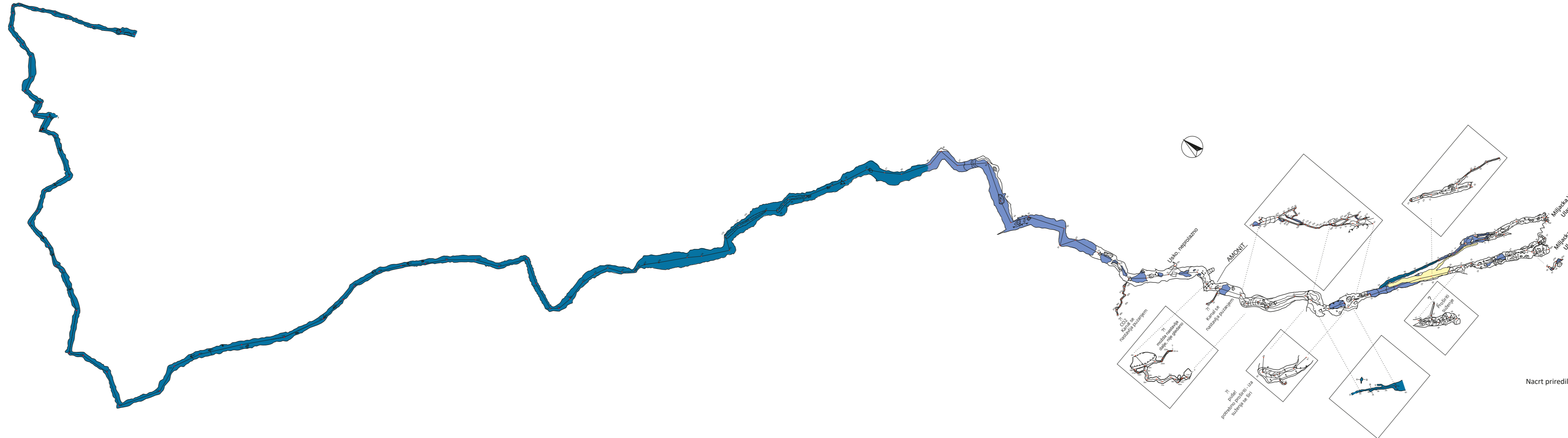
Crtali: Darko Bakšić, Vedran Jalžić, Dalibor Paar  
Mjerili: Josip Petričević, Teo Barišić, Goran Pribetić, Damir Lacković  
Ronili 2001.: Josip Petričević, Teo Barišić

## Prijašnja istraživanja provedena 16.09.1998. i 22.09.1998

Crtao: Branko Jalžić  
Mjerili: Danijel Lukačić, Vedran Jalžić  
Ronili: Danijel Lukačić, Branko Jalžić

## Prijašnja istraživanja provedena 1984.

Crtao: Srećko Božičević  
Ekipa: Ante Renić



Nacr priredili: Goran Rnjak, Matea Talaja, Tin Rožman