

SUSTAV ZRAČAK NADE 2 - KAVERNA U TUNELU UČKA

Lovel Kukuljan, Dino Grozić

Speleološka udruga „Estavela“, Kastav

► Uvod

Masiv Učke i visoravan Ćićarija čine prirodnu geografsku barijeru koja odjeljuje Istru od ostatka Hrvatske. Učka se strmo uzdiže od Kvarnerskog zaljeva do najvišeg vrha Vojak na 1401 m.n.v., a za razliku od ostalih planinskih lanaca u primorju, pruža se u smjeru sjever-jug. Prije izgradnje tunela Učka, glavni prometni pravac bila je županijska cesta koja prolazi preko prijevoja Poklon na 922 m.n.v. na kojem se nalazi planinarski dom te nedavno otvoreni centar za posjetitelje Javne ustanove Park prirode Učka. Zbog svoje krajobrazne, biološke i kulturne

raznolikosti, područje Učke zaštićeno je unutar kategorije parka prirode 1999. godine.

Učka i Ćićarija pretežito su građene od dobro okršenih vapnenaca gornje krede, no intenzivna tektonika uzrokovala je pojavu navlačnih i ljuškavih struktura s brojnim rasjedima karbonata i flišnih naslaga „sive Istre“. Upravo odnos između propusnih karbonata i nepropusnih naslaga fliša daju hidrogeološku zanimljivost području. Naime, kako su vršni greben Učke i južni dio Ćićarije navučeni preko flišnih naslaga, formiran je viseći, poluzatvoreni vodonosnik koji višak akumulirane vode prelijeva na kontaktu putem brojnih izvora:

Vela Učka, Mala Učka, Rečina, Sredić i dr. Zajedno s vodenim tokom zahvaćenim u tunelu Učka, ovi izvori čine osnovu vodoopskrbe čitave Liburnijske rivijere i daljeg zaleđa.

O dosadašnjim speleološkim istraživanjima na Učki postoji malo pisanih tragova, a ističu se istraživanja talijanskih speleologa u međuratnom razdoblju koja su zabilježena u monografiji Duemilla Grotte te istraživanja Mirka Maleza (Malez, 1960, 1974). Najznačajnija, sustavna speleološka istraživanja na području Učke započinjaju članovi SK HAD iz Poreča 1997. – 2002., te zatim članovi SU Spelunka od 2002. godine (Glavaš, 2004). U periodu od osnivanja udruge 2002.

godine pa do 2009. godine istraženo je i dokumentirano 240 speleoloških objekata u sklopu projekta izrade katastra speleoloških objekata PP Učka. Među većim objektima ističu se jama K'Učka (-195 m), Lovranski lazići (-152 m), Billova ponikva (-142 m), Vela peć (154 m duljine), te Jama u Krogu s ogromnom osvijetljenom dvoranom dimenzija 120 x 70 m (Reš i Glavaš, 2002; Glavaš, 2004, 2009).

Ipak, niti jedno speleološko otkriće nije nadmašilo ono davnije koje se dogodilo slučajno tijekom gradnje tunela Učka 1977. godine. Probijena je kaverna koja je speleološkim istraživanjima djelatnika Geološkog zavoda iz Zagreba (danas Hrvatski geološki institut) do 1983. godine istražena do duljine 1490 m i 135 m visinske razlike. Razgranatost objekta s brojnim velikim dvoranama i kanalima te vodenim tokovima bili su posljedica hidrogeološkog odnosa vapnenaca i flišnih naslaga. Pronalazak izvora vode na nadmorskoj visini od 500 m.n.v. predstavljao je i značajan potencijal za vodoopskrbu pa je tako glavni vodeni tok 1983. godine kaptiran te do dan danas čini vrijedan resurs pitke vode za Opatiju i šire zaleđe. Iako je i Božičević pretpostavljao da je dotada istraženi dio Kaverne samo najnižvodniji dio jednog većeg sustava, novijih speleoloških istraživanja do nedavnih nije bilo. Ipak, snažna cirkulacija zraka koja se osjećala na kaptaži u tunelu Učka nagovještavala je postojanje kompleksnog speleološkog sustava, a čiji se gornji ulaz nalazi negdje na površini 400-tinjak m iznad razine tunela. Ova činjenica potkrijepila je speleološku viziju koja je godinama poticala istraživanja jama i pihalica koje bi predstavljale prirodni gornji ulaz u sustav, a jedna takva pronađena je 2006. godine – Zračak nade. Tek slučajnim pronalaskom Zračka nade 2, 2011. godine, otvoren je put kojim je pronađen prirodni ulaz u Kavernu, a usput i omogućeno postepeno istraživanje i crtanje speleološkog sustava od preko 6 km duljine.

Kako i kada se uopće javila ova speleološka vizija, bez koje ništa od

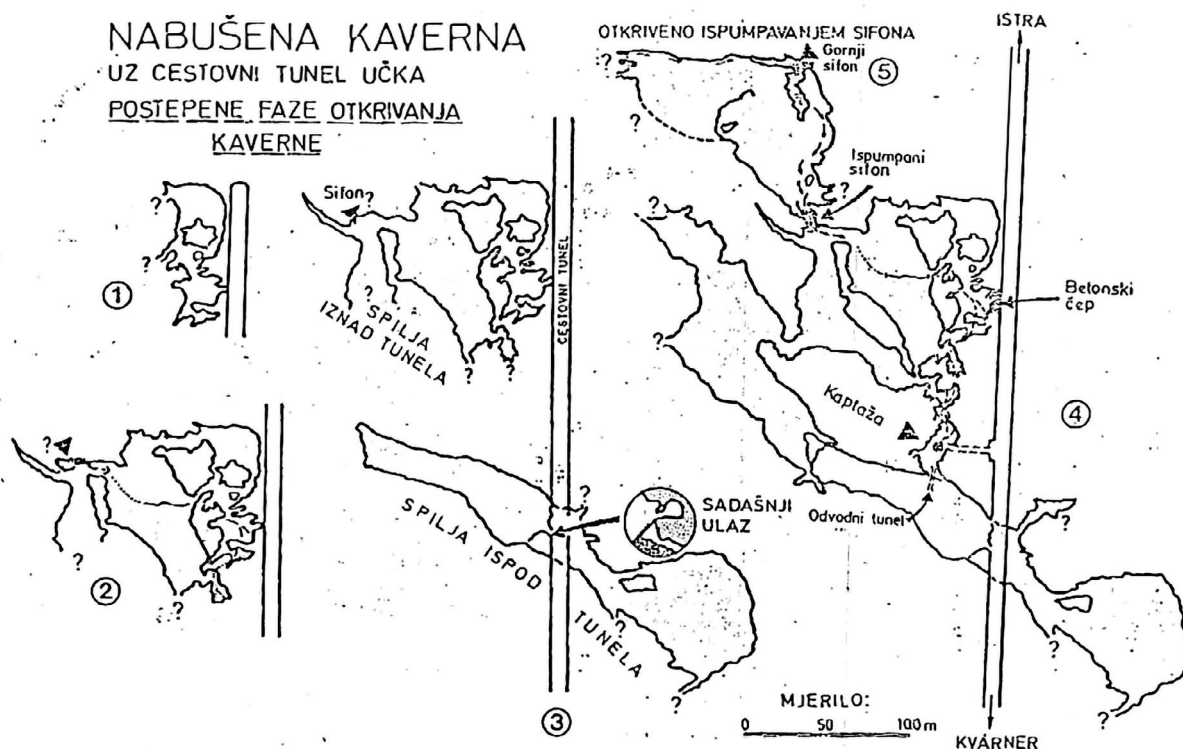
sljedećeg ne bi bilo ispisano, moguće je pročitati u članku Ivana Glavaša koje prethodi ovome. U članku je detaljno i edukativno opisana priča o razvoju smisla za neki krški masiv ili speleološki objekt i kako se ta speleološka filozofija primijenila na Učki. U ovom je pak članku naglasak dan na detaljnom opisu kronologije istraživanja Kaverne i Zračka, te naposljetku Sustava Zračak nade 2 – Kaverna u tunelu Učka. Iako tekst u nastavku pokušava pratiti istraživanja kronološki, u Sustavu je dosad izvedeno mnogobrojno akcija na različitim lokacijama i kroz niz godina, pa su radi čitkosti u određenim poglavljima opisani pojedini kanali i dijelovi Sustava neovisno o kronologiji.

► Otkriće Kaverne u tunelu Učka i prva istraživanja 1977. – 1983.

Kako je već spomenuto, otkriće Kaverne u Tunelu Učka povezano je s probijanjem tunela kroz Učku u svrhu cestovnog povezivanja Istre i Kvarnera. Prilikom miniranja u tunelu 22. srpnja 1977. godine na radnoj stacionaži 1+632 s Kvarnerske strane otvorena je šupljina u lijevom boku tunela na kontaktu fliša i vapnenca nakon čega su iz kaverne istekle znatne količine vode i poplavile tunel do izlaza. Vodeni tok se po smanjenju oborina smanjio i ustalio, ali zatim opet znatno ojačao po dolasku novih oborina. Dana 29. srpnja 1977. godine izvođač radova u tunnelskoj cijevi je na teren pozvao ekipu Geološkog zavoda iz Zagreba pod vodstvom Srećka Božičevića kako bi topografski snimili nabušenu kavernu isključivo uz samu tunnelsku cijev. Tom prilikom izrađen je nacrt speleološkog objekta duljine 180 m (Božičević 1977). Prepoznavši važnost pojave vode na toj lokaciji i nadmorskoj visini, ekipa Geološkog zavoda predlaže program daljnjih detaljnih speleoloških istraživanja i hidroloških radova. Dana 4. prosinca 1977. ubačena je boja uranin u sifonsko jezero neposredno ispod tadašnjeg betonskog ulaza u Kavernu nakon čega je pojava boje registrirana uz obalu mora na potezu od

lčića do Medveje. Prilikom izvođenja istraživanja u tunelu na stacionaži 1+475 pronađen je novi otvor pod stropom tunela, nabušen već godinu dana ranije i djelomično tortetiran. Otkrivena je velika podzemna šupljina duljine oko 400 m u kojoj se čuje tok vode te je utvrđeno da će zbog tankog i raspucanog nadsloja ispod tunnelske cijevi biti potrebno izraditi ojačanja radi sigurnosti tunela. 1978. godine nastavljena su speleološka istraživanja kojima su u konačnici spojene dvije kaverne u jednu jedinstvenu – Kavernu u tunelu Učka. Tlocrtna duljina svih topografski snimljenih kanala iznosila je 1300 m s visinskom razlikom od 135 m od najniže do najviše točke sustava (Božičević 1978).

Tog je ljeta zazidan prvobitni ulaz na radnoj stacionaži 1+632 m te probijen novi, praktičniji ulaz ispod postojeće šupljine na radnoj stacionaži 1+475 m. Krajem godine, miniranjem i čišćenjem blokova prošireni su uski prostori i na taj način osigurana prohodnost između gornjih i donjih dijelova sistema koja je do tada iziskivala puzanje preko vode u sifonu i to samo za vrijeme niskog vodostaja. Miniranjem blokova se također pokušao smanjiti nivo vode u Gornjem sifonu. Zbog uviđene važnosti vodotoka, u Kaverni su iskopani rovovi radi izrade betonske kaptaže. U ljeto 1982. godine ekipa Geološkog zavoda pronađena Gornji sifon i potvrđuje postojanje nastavka špiljskog sustava te utvrđuje da voda dolazi iz velikog, više položenog jezera koje izvire iz vrlo dubokog sifona. Godine 1983. postavljene su crpne pumpe u izrađenoj kaptaži koje pumpaju vodu na razinu tunela i dreniraju prema vodospremi izgrađenoj neposredno kraj ulaza u tunel na kvarnerskoj strani. Primijećeno je da za vrijeme velikih vodnih valova kaptaža biva potpuno potopljena. Iz tog razloga probijen je tunel između kaptaže i Velike dvorane. U kolovozu 1983. godine provodi se isumpavanje Gornjeg sifona radi utvrđivanja zapremine sifona i protoka vode. Tom prilikom ponovo se ulazi u prostor iza Gornjeg sifona nazvan Nova dvorana. Konačne vrijednosti istraženog



Slika 1 | Kronologija istraživanja Kaverne u tunelu Učka od 1977. do 1983. godine. | Preuzeto iz Božičević (1985).

i nacrtanog sustava po završetku istraživanja 1983. godine iznosile su 1490 m tlocrtno duljine i 135 m visinske razlike (Božičević i sur., 1984). Kronologija otkrivanja podzemnog sustava Kaverne u tunelu Učka sažete je prikazana na slici 1.

► **Kronologija istraživanja Sustava na Učki 2011. - 2021.**

Zračak nade 1 i 2

Ulaz u Zračak nade 2 pronađen je u proljeće 2011. Kao i ostale pihalice, u početku je to bila rupa veličine približno za kakvog šumskog glodavca, no ova pihalica ipak se isticala po nešto jačoj cirkulaciji zraka. S vizijom da je možda upravo ovo najperspektivnija od svih pihalica, započeto je njeno proširivanje. Osim nešto širih vertikalala, ostali kanali koji povezuju ove vertikale morali su za prolazak biti praktički svaki metar prošireni. To je jasno zahtijevalo puno požrtvovnosti, vremena i strpljenja. Također, u svakoj akciji glavna nit vodilja bila je cirkulacija zraka koja je usmjeravala radove, no nerijetko se u akcijama zrak izgubio, da li



Slika 2 | Ulaz u Zračak nade 2. | Foto: Mladen Jekić

zatrpanjem ili radom u nepovoljnim mikroklimatskim uvjetima, pa je napredovanje u Zračku nade 2 bilo gotovo otpisano. Po uzoru na talijanske speleologe, u zimi 2011. napravljen je eksperiment s umjetnim izazivanjem cirkulacije zraka kada se potvrđuje zračna povezanost između Zračka nade 1 i 2. Zatim je 2012. uslijedio još važniji eksperiment, a to je bilo zračno povezivanje Kaverne i Zračka što je jednostavno ostvareno

otvaranjem vrata kaptaže u Kaverni. U trenutku otvaranja kilometrima dalje na gornjem ulazu umjetno se pojačala cirkulacija zraka što je bila najveća naznaka o postojanju više-kilometarskog sustava na Učki.

„Tunel“ 2013. - 2015.

Nakon prvih proboja i oduševljenja u otvorenim vertikalama, akcije proširivanja u 2013. bile su fokusirane



Slika 3 | Lijevo - Dodatno širenje suženja na -25 m. | Foto: Lovel Kukuljan
Slika 4 | Desno - Prilikom proširivanja Tunela na -63 m. | Foto: Ozren Dodić



na potragu za „izgubljenim zrakom“. Naime, proširivanje je nastavljeno u slabo perspektivnom Starom dnu, što danas smatramo slijepom ulicom. Sreća je bila što je Glavaš popeo dimnjak iznad mjesta gdje se širilo te otkrio pravi put, no zapravo je tek ovdje krenulo dugogodišnje iskustvo za sve nadolazeće sudionike akcija proširivanja. Krenulo se proširivati tzv. Tunel, u kojem se na svakih 1-2 m novo proširenih suženja po akciji naziralo još barem 3 m jedno te iste uske pukotine širine 15-ak centimetara. Samo nada i cirkulacija

zraka gurala je napore da se ova prepreka probije. U tim su mnogobrojnim akcijama osim Glavaša sudjelovali i Ozren Dodić – Špale, Martin Glavić, Davor Šuperina, Lovel Kukuljan, Zoran Brajković, Vedran Malnar, Stefano Rudin i drugi. Tunel je konačno probijen u proljeće 2015., nakon čega su se otvorile kraće vertikale i uski, no ne i neprolazni prolazi. U ljeto 2015. opremljena je dotad najduža vertikala u Zračku (P31) i dosegao se Mali kolektor. Nailazak na vodeni tok i odzvanjanje vertikala u nastavku, motiviralo je ekipu da već

ujesen dosegne dubinu 200 m i otkrije glavni kanal u Zračku. Dostizanje horizontalnih dijelova omogućilo je brzo napredovanje u svim smjerovima.

Podizanje bivka 2016.

U naknadnim akcijama 2016. nastavljena su proširivanja putem do -200 m kako bi svaki naredni prolazak bio što je manje iscrpljujući. Opseg potencijalnog posla u vidu topografskog snimanja i istraživanja manje dostupnih dijelova glavnog



Slika 5 | Ekipa ispred podignutog bivka na -196 m.
Foto: Lovel Kukuljan



kanala potaknuo je na razmišljanje o podizanju bivka. Ravna lokacija s pristupačnom vodom brzo je pronađena, a akcija transporta sve potrebne opreme za podizanje bivka odvila se 8. 10. 2016. u kojoj su sudjelovali Špale, Martin, Elvis Brajković, Dino Grozić, Lovel, Dalibor Reš, Mladen Jekić - Sova, Kristijan Racan i Kardi Županić. Nakon prve noći u novom bivku, jama je nacrtana od bivka pa do -100 m, a do kraja godine nacrtano je još oko 200 m kanala u okolici bivka.

Preronjavanje CD sifona

U prvoj akciji 2017. godine, nastavljeno je istraživanje nizvodno od Vodenog kanala te crtanje Glavnog kanala. Nakon crtanja Vodenog kanala u duljini 160 m, Glavaš i Renato Banko istražuju splet urušnih dvorana i kanala „Iza Vodenog kanala“ te praćenjem vodenog toka dolaze do prve veće prepreke – sifona. Traženje bilo kakvog odvojka ili potencijalnog bypass-a sifona nije urodilo plodom. Dino i Lovel unutar dva dana crtaju Glavni kanal u duljini od ~450 m, a Špale i Dario Maršanić tehnički penju Uzaludni penj te dodatno proširuju uske dionice jame. Tek potkraj godine nacrtani su horizontalni dijelovi između Vodenog

Slika 7 | Vodeni kanal u Zračku. | Foto: Mladen Jekić





Slika 8 i 9 | Veselje ispred CD sifona nakon uspješnog preronjavanja. | Foto: Mladen Jekić

kanala i sifona na -252 m te se tako s novih 441 m duljina jame ubrzo popela na 1741 m. Zračak nade 2 tako postaje najduži speleološki objekt u Primorsko-goranskoj županiji ispred Ponora Vele vode u Crnom lugu (1495 m) i obližnje Kaverne u tunelu Učka (1490 m). Sifon je kao najnižvodnije mjesto predstavljao najperspektivniji upitnik u nadi povezivanja s Kavernom. Tako je posljednja akcija 2017. godine bila ona speleoronilačka, kada Igor Markanjević – Cigo i Dino uspješno preronjaju sifon na dah te pronalaze nastavak kanala i 20-metarsku vertikalnu u kojoj se obrušava slap. U boku kanala pronašli su i vrlo perspektivni penj odmah iza sifona od čijeg su slobodnog penjanja tada odustali pred završnom vertikalnom dionicom zbog sigurnosnih razloga. Sifon duljine 6 m i dubine 2 dobiva ime „CD“ po inicijalima istraživača. Samo oko 100 metara udaljenosti do Kaverne i po izgledu direktan otvoreni kanal, nagovještavao je skori susret Zračka i Kaverne.

Spajanje Zračka i Kaverne 2018.

Dugogodišnja težnja da se Kaverna poveže s površinom kroz jamu Zračak nade 2 konačno je ostvarena 8. veljače 2018. kada je organizirana koordinirana speleoronilačka akcija istovremeno iz obiju jama. Iz smjera Zračka napredovali su kroz CD sifon Cigo, Dino i Antonio Ciceran - Cico, a iz smjera Kaverne Branko Jalžić – Bančo i Kardi. Primarni cilj akcije zapravo je bilo trasiranje vodenog toka u Zračku iza CD sifona kako bi se utvrdila povezanost s Kavernom vodenim putem te nastavak istraživanja nizvodno. Uostalom, u Kaverni na starom nacrtu nije postojao perspektivni upitnik u smjeru Zračka pa se pretpostavljala nova prepreka u vidu sifona, zarušnja ili sl. što ne bi omogućilo „lako“ povezivanje. Boja je bačena u dogovoreno vrijeme u 17:00 h, a s obzirom na brzi i direktni vodeni tok, boja se pojavila u Kaverni u roku samo 10-ak minuta. Ekipa Zračak nastavila je istraživanje i opremanje vodenih kanala iza

CD sifona te je ukupno napredovala 174 m u duljinu i 40 m u dubinu. Kako je ekipa napredovala, u 18:10 h čula je glasove, a nedugo zatim je jama i fizički spojena u Novoj dvorani Kaverne na oduševljenje prisutnih Kardi i Banče. Osim što su se iza sifona istraživali i opremali vertikalni dijelovi, zahtjevnosti ovog pothvata dodatno je činila silina vodenog toka i brojnost slapova s obzirom da se radi o glavnom toku Sustava. Za dostizanje Nove dvorane ekipa Zračka potrošila je zadnji komad opreme – zadnje sidrište i zadnji komad užeta. Logistička ekipa na CD sifonu čekala je prve vijesti gotovo 6 sati, a prvi povik Cigota nakon povratka bio je nonšalantni „spojili!“. Prvo je uslijedila nevjerica, a zatim i veliko veselje ovim postignućem. Spajanjem ovih kapitalnih objekata, bilo je moguće samo procijeniti ukupnu duljinu novoformiranog Sustava (s obzirom da je Kaverna imala zastarjeli nacrt i samo horizontalnu duljinu) na približno 3500 m, a dubina je bila nešto točnije utvrđena na -425 m. Akciju



Slika 10 i 11 | Mjesto spoja sa Zračkom ispred zelenog jezera u Novoj dvorani Kaverne nakon bojenja. | Foto: Dino Grozić



Slika 12 i 13 | Polusifon u Ininom odmaralištu i njegovo prepumpavanje. | Foto: Dino Grozić i Lovel Kukuljan

su podržale Liburnijske vode d.o.o (Grozić i Kukuljan, 2018), a sudjelovali su: Cico, Aleksandar Fabriš (SKH), Dino, Lovel, Dario, Nazif Habibović, Romeo Ivanić, Stiven Knaus, Mirela Gotal (SUE), Špale (SUS), Sova, Kardi (SDI), Bančo (SOŽ), Cigo, Diego Košta te Vedran Dorčić i Dean Doričić (Liburnijske vode d.o.o).

Kanal Inino odmaralište

Inino odmaralište je mreža vodenih kanala koja se nalazi 60-70 m ispod bivšeg odmarališta INA-e. Ovaj objekt sagrađen je 60-ih godina na travnatom proplanku ispod Poklona te je dugi niz godina služio kao radničko odmaralište. Nakon otkrivanja Kaverne, prve mikrobiološke analize

uzorkovanja vode pokazala su prisutnost fekalnih bakterija i to u koncentraciji iznad dozvoljenog praga. Jasno, odmaralište tada dolazi u fokus kao potencijalni izvor zagađenja, što je 1982. i potvrđeno ubacivanjem boje u septičku jamu. Ustanovljena je vrlo brza veza prema kaptaži u Kaverni – boja se pojavila za samo 3 i pol sata (Biondić i Goatti, 1983). Sanacijom septičke jame, tj. izgradnjom taložnice i odvodnjom otpadnih voda, ovaj problem je uspješno saniran. Međutim, deseci godina korištenja odmarališta ostavile su svoje jasne tragove u podzemlju. Naime, za vrijeme prvih istraživanja Ininog odmarališta bila su potrebna neoprenska odijela kako bi se prošlo kroz bazene, a kod kojih se otkrilo

da su do vrha ispunjeni sivim talogom neugodna izgleda i mirisa. Prvi metri kanala istraženi su i nacrtani u ljeto 2017. u duljini 73 m kada se dosegao polusifon duljine ~5 m i s malenim prolazom kroz koji se nazirala druga strana. Povoljna morfologija polusifona omogućila je njegovo ispumpavanje gravitacijski pomoću duže cijevi u listopadu 2018. Kroz nekoliko sati razina vode spustila se dovoljno da je prolazak bio omogućen bez ronjenja. Iza je istražen uski kanal Agonija u duljini ~50 m čiji naziv savršeno oslikava osjećaj prilikom njegova istraživanja. Zadnja akcija odvila se u siječnju 2019. kada je istražen i posljednji odvojak, Romantični sifon, iz kojeg je utvrđeno da pristiže sav mulj. Agonija ima

trenutno neprolazni nastavak, a hoće li Romantični sifon u dogledno vrijeme naći svog speleoronioca, teško je prognozirati.

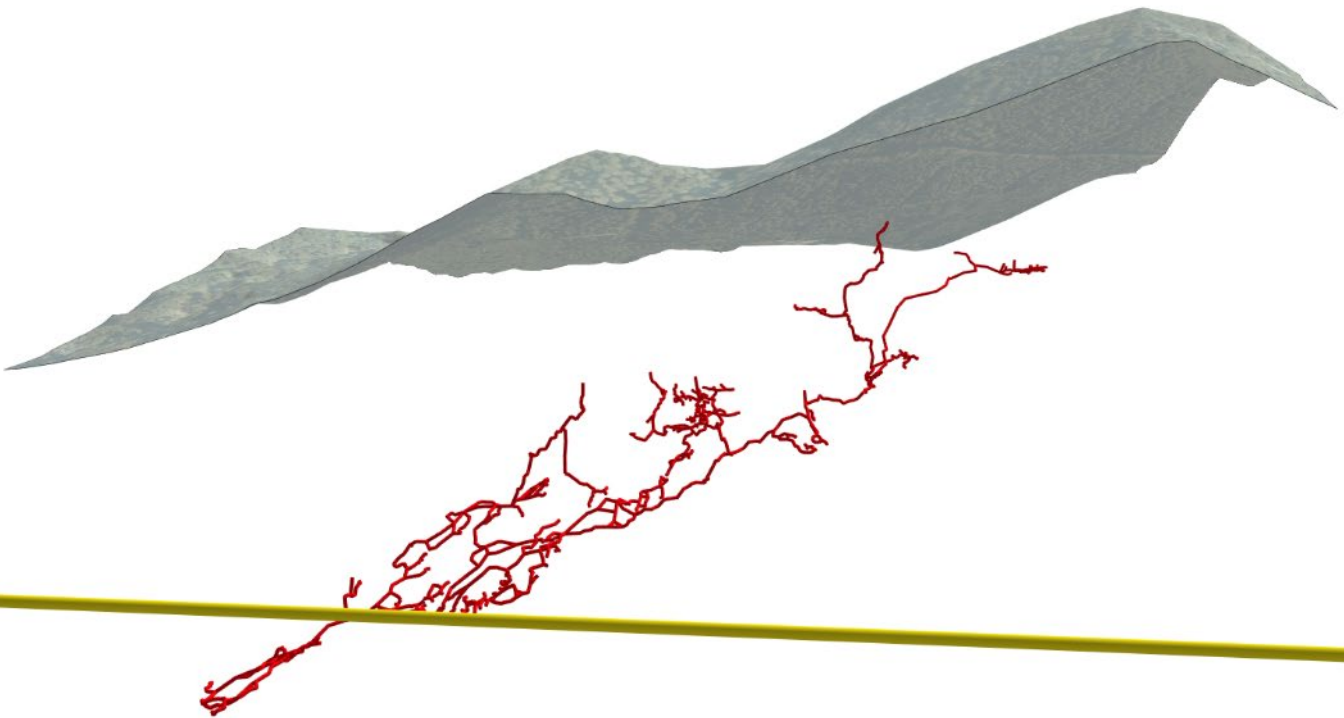
Radnička fronta i Dugotraženi kanal

Na samom jugu Sustava u dvorani Nemanje Šešelja tehnički je ispejnano nekoliko dimnjaka sredinom 2018., a jedan se pokazao kao dobitan s obzirom da se ušlo u horizontalni kanal duljine ~100 m prozvan Radnička fronta. Ovdje je pronađeno nekoliko dimnjaka od kojih je najperspektivniji onaj visine 18 m, a iznad kojeg se 80 m poviše nalazi puhlica na površini. U Radničku frontu vraćamo se u listopadu 2018., crtamo sve dijelove te u stropu pronalazimo upitnik u obliku niskog kanala s kaskadama. U siječnju 2019. ekipa-koja-je-dugo-tražila-kanal istražila je Dugotraženi kanal duljine 58 m te stala na polusifonu s vrlo malenim prolazom. Kako bi se zaobišlo ronjenje, strop polusifona snižen je proširivanjem u srpnju 2019., a iza je nacrtano 37 m nastavka do neprolaznog suženja.

Projekt Hrvatskih voda 2018. – 2019.

Spajanje Zračka i Kaverne potvrdilo je povezanost vodenih tokova, međutim istraživanja u Zračku pokazala su i jednu dodatnu činjenicu, a to je bila ta da najjužniji dio Zračka, a koji je ujedno i hidrološki aktivan, tj. Radnička fronta, izlazi van granica IB. zone sanitarne zaštite voda. Predstavljanjem rezultata speleoloških istraživanja i hidroloških spoznaja porastao je interes među drugim institucijama koje djeluju na području Učke. Suradnja je potakla osmišljavanje projekta s Hrvatskim vodama koji je započet krajem 2018. trajanja 12 mjeseci pod nazivom „Speleološka istraživanja podzemnih sustava povezanih sa zahvatom u tunelu Učka“. Ciljevi projekta bili su topografsko snimanje čitavog Sustava, kako bi se ustanovilo točno pružanje vodenih tokova s prijedlogom izmjene granica IB. zone sanitarne zaštite, te uspostava hidrološkog monitoringa, kako bi se utvrdile značajke pronađenih vodenih tokova (vremenska dinamika, protoci, fizikalno-kemijski parametri i sl.). Topografsko snimanje Sustava uključivalo je i ponavljanje nacrtava Kaverne s obzirom da je

stari nacrt bio neadekvatan za nastavak istraživanja tj. nije postojao poligonski vlak. Projekt je dao veliki poticaj nastavku speleoloških i speleoroniolačkih istraživanja u oba objekta Sustava, a pogotovo u Kaverni gdje je izvedeno najviše istraživačkih akcija. Do završetka projekta 2019. godine organizirano je 11 akcija u kojima je sudjelovao 21 speleolog iz 10 organizacija: SU Estavele, SU Spelunke, SD Istre, SK HAD-a, SD Čičarije, SO PDS Velebita, SO HPD Željezničara, SU Pule, SO HPK Sv. Mihovil i HGSS stanice Rijeka. U Sustavu je provedeno ukupno 1396 čovjek/sati odnosno 66 sati aktivnosti po osobi. S projektom su u Zračku istraživanja generalno završila, a posljednja istraživanja su provedena u Radničkoj fronti i u Ininom odmaralištu. U Kaverni je u srpnju 2019. ponovljen posljednji “metar” starog nacrtava, a najviše novih metara nacrtano je u Četvrtoj dvorani, Mračnoj dvorani (između sifona) te u dimnjaku Treće dvorane. Ukupne dimenzije Sustava do kraja 2019. popele su se do 5582 m stvarne duljine, 4926 m tlocrtna duljine i 430 m visinske razlike (Kukuljan i Grozić 2019a). U nastavku će biti bliže opisana dinamika istraživanja i pojedini novi dijelovi Kaverne.



Slika 14 | 3D prikaz poligona Sustava i tunelske cijevi u odnosu na reljef površine. Najviši crveni ogranak je ulaz u Zračak nade 2. Pogled prema jugu. Izradio: Dino Grozić



Slika 15 | Gore - Kaptaža u Kaverni u vrijeme kada protoci nadmašuju kapacitet crpki.

Foto: Mladen Jekić

Slika 16 | Dolje - Ponorna zona - najdublje mjesto Sustava. | Foto: Mladen Jekić

Prva akcija u Kaverni u rujnu 2018. bila je „izvidnička“. Prateći stari nacrt iz 1984. pregledavale su se dvorane i označeni upitnici da se što bolje isplaniraju naredne akcije. Općenito veliku logističku prepreku istraživanju Kaverne čini sam pristup i ulazak. Naime, u Kavernu se ulazi s dopuštenjem Liburnijskih voda d.o.o. kroz kaptažni zahvat koji se nalazi oko 1,5 km od ulaza u tunel s kvarnerske strane. Za svaki ulazak i izlazak potrebno je privremeno obustaviti promet u jednoj traci, a kaptaža ima dva parkirna mjesta što ograničava broj istraživača na maksimalno 8 do 10. Osim prometne buke s jedne strane i buke crpki s druge, u nekoliko dvodnevnih akcija prostor

kaptaže poslužio je kao podzemni bivak. Kako je ovo donji ulaz Sustava, otvaranjem vrata kaptaže stvara se snažna cirkulacija zraka koja je kao i u primjeru Zračka, usmjeravala naredna istraživanja u Kaverni.

Ponavljanjem nacrtu Kaverne krenulo se u prosincu 2018. i to najprije najnižvodnijim dijelom – Velikom dvoranom, Ponornom zonom i njenim fosilnim dijelovima. Ponornu zonu karakteriziraju debele naslage blata u fosilnim dijelovima te otjecanje vode kroz zarušeno kršlje i zatrpni kanal na najdubljoj točki Sustava. Bilo je nekoliko pokušaja prodora kroz zarušenje, no nažalost ništa ne obećava laki ili

izgledan nastavak nizvodno unatoč hidrogeološkoj perspektivi. Fosilni dio Ponorne zone bio je otprije samo skiciran, a sada je u potpunosti istražen. Među starijim upitnicima, istražen je i nacrtana Četvrta dvorana ukliještena između Druge dvorane i Gornjeg kanala. I ovdje je pronađen maleni vodeni tok koji vjerojatno dolazi iz Treće dvorane, a moguć je pronalazak spoja s Drugom dvoranom. Nažalost, jedan upitnik nije pronađen – kanal s malenim vodenim tokom pokraj Velike dvorane, a koji je vrlo vjerojatno u potpunosti zatrpan tijekom konstrukcije betonske oplata (Kukuljan i Grozić, 2019).

Nakon posljednjih istraživanja 1983., speleološka istraživanja u Kaverni bila su rijetka, odnosno većinom su to bili posjeti. Jedno mjesto u kojem se ipak krenulo napredovati bio je dimnjak (penj) u Trećoj dvorani. Iako je dimnjak već prije primijećen, prva akcija odvila se 2012. godine kada Diego Košta i Sanjin Gotić uz Andriju Rubinića, Larisu Grabar i Petra Matiku započnu tehničko penjanje vrlo krušljivog penja. Penjanje je nastavljeno u prosincu 2018. te zatim u veljači 2019. U rujnu 2019. dostiže se oko 90 m visine te se otvara vertikala i to čak najduža dosad u cijelom Sustavu (P61). S dna vertikale kanalić vodi u Najnoviju dvoranu koja se nalazi tlocrtno svega 20-ak m udaljenosti od Nove dvorane iza Gornjeg sifona. Penjanje se nastavlja u listopadu 2019. kada Glavaš i Marina Grandić u blatnim uvjetima prelaze 100 m visine, a Špale i Lovel proširuju u Najnovijoj dvorani u cilju spajanja s Novom dvoranom. Kanal iza suženja nažalost staje u neprolaznim pukotinama. Penjanje se nastavlja i u 2020. godini, u veljači i srpnju kada se dostiže dosad najviša točka, no nažalost manje perspektivna nego prije. Na stropu se nazire suženje što je možda i očekivano s obzirom na morfologiju Zračka.

U veljači 2019. nastavljeno je crtanje i istraživanje na brojnim frontama: nacrtani su svi dijelovi fosilnog dijela Ponorne zone, prostor kaptaže, Prva i Druga dvorana do Gornjeg sifona, te je nastavljeno penjanje u Trećoj



Slika 17 | Speleoronioci u Gornjem sifonu Kaverne.
Foto: Lovel Kukuljan

dvorani. Pored toga, preronjen je Gornji sifon iza kojeg je započeto crtanje Nove dvorane. Općenito su među najzahtjevnijim akcijama bile one speleoroničke zbog transporta opreme, zamućenja sifona i istraživanja i crtanja u neoprenskim odijelima. U prvoj speleoroničkoj akciji u 2019. iza sifona istraživali su Dino, Cico i Bančo te u dva navrata (dva dana) nacrtali Novu dvoranu i sve dijelove, koji su otprije (1983.) zbog manjka vremena bili samo skicirani. Ovim pothvatom bilo je moguće spojiti nove nacрте Zračka i Kaverne pa je tako dobivena prva službena duljina Sustava (4098 m), od čega je samo Kaverna imala 1827 m stvarne duljine, iako još dotad nisu bili nacrtani svi otprije poznati dijelovi. Novim nacrtom Nove dvorane donekle je pojašnjena hidrološka situacija u ovom dijelu Sustava. Zeleno jezero, u kojem se dogodio susret speleoroničkih ekipa prilikom spajanja Zračka i Kaverne, a koje je dobilo ime po žarko zelenoj boji koju je tog i sljedećih nekoliko dana poprimilo

zbog ubacivanja boje, centralno je mjesto sabiranja voda u ovom djelu Sustava. Kanal kojim je Zračak spojen s Kavernom najveći je, ali samo jedan od tri kanala kojim voda dotječe u jezero.

U lipnju 2019. istraživanja su nastavljena u oba objekta Sustava. U Zračku je nacrtan uzvodni dio Vodenog kanala koji dolazi do pred bivač te su odrađene prve pripreme za nadolazeću državnu vježbu speleospašavanja. U Kaverni su nacrtani Fliška, Urušna te Ulazna dvorana – mjesto u Kaverni koje je probijeno bušenjem tunela i kroz koje je navrela voda. Još jednim speleoronjenjem, Dino, Cico i Cigo istražuju najperspektivniji dio između sifona – kanal do kojeg tehnički penju iz Gruzije s ljubavlju odmah pokraj CD sifona. Neugodno iznenađenje priuštio im je na nekim mjestima penjanje po ogoljeloj jezgri užeta uništenog u naletu visokih voda tijekom zime. S obzirom da je jedini drugi pristup ovim dijelovima Sustava kroz CD sifon, odlučeno je da će se

tehnički problemi rješavati prilikom penjanja, kako se god zna i umije. Nakon 12 m penja nedaleko od CD sifona, ulaze u visoki kanal te pronalaze novi splet kanala s brojnim nastavcima. Prilikom topografskog snimanja intenzitet rasvjete Cigota izbljedio je do nepostojanja pa ovaj prostor dobiva naziv „Mračna dvorana“. Postalo je jasno da je istraživanje ovih teško dostupnih dijelova u neoprenskim odijelima veliki zalogaj, pa se već pokušalo pronaći potencijalno mjesto bypass-a Gornjeg sifona. U vrijeme ljetne cirkulacije zraka, speleoronioci su ponijeli eterično ulje, a speleozii su s druge strane sifona promatrali brojne pukotine i tražili mjesto koje najviše miriše na lavandu.

U srpnju 2019. ponovljen je posljednji dio starog nacрта Kaverne – Treća dvorana, duljine 314 m, a Sustav prelazi svoj 5. km duljine (5123 m). Nakon „lakah“, horizontalnih metara u listopadu 2019. istraživanja se usmjeravaju na nekoliko fronti,



Slika 18 | Lijevo - Vertikalni vodeni dijelovi između sifona. | Foto: Lovel Kukuljan
Slika 19 | Desno - Ulaz u penj u Trećoj dvorani. | Foto: Lovel Kukuljan

među ostalim i na dimnjak u Velikoj dvorani. Naime, u ovoj reflektorima dobro osvijetljenoj dvorani u sredini na 20 m visine spušta se sa stropa vodeni slap. Kako se dimnjak nalazi usred stropa dvorane, penjanju se prionulo iz najbližeg smjera, a to je bilo putem betonske oplata neposredno uz tunelsku cijev. Penjanje je nastavljeno u veljači 2020. prečkajući od tunelske cijevi prema dimnjaku, a u srpnju iste godine istražili su se svi nastavci dimnjaka do maks. 48 m visine, a za nastavak istraživanja potrebno je proširivanje u zaglondanom niskom dimnjaku kroz koji se osjeća značajna cirkulacija zraka.

Državna vježba speleospašavanja HGSS-a „Zračak 2019“

S kontinuiranim intenzivnim istraživanjima u kompleksnom speleološkom sustavu podiglo se pitanje što ako se dogodi nesreća. Kako bi se pronašao odgovor na to pitanje u srpnju 2019. u Sustavu je održana jedna od najsloženijih vježbi ikada

izvedenih u svjetskim speleospašavalačkim krugovima. Scenarij vježbe predviđao je spašavanje speleologa koji se ozlijedio na 125 m dubine. S obzirom na uske vertikalne dijelove iznad 125 m dubine, spašavanje tim putem zahtijevalo bi nekoliko dana intenzivnog proširivanja brojnih suženja koja su već sama po sebi teško prolazna, a kamoli tek s unesrećenom osobom u nosilima. Zbog toga je odlučeno da se u slučaju nesreće u Sustavu spašavanje izvodi prema izlazu u tunel Učka, što podrazumijeva, uz uobičajeno složeni transport unesrećene osobe kroz suhe dijelove Zračka i Kaverne, i transport unesrećene osobe kroz dva sifona uz savladavanje tehnički zahtjevne dionice između dva sifona kojoj mogu pristupiti tek malobrojni spašavatelji koji su ujedno i speleoronioci. Zbog velike količine potrebne ronilačke opreme, sistemi za transport unesrećene osobe morali su se ujedno koristiti i za transport ronilačkih boca i opreme. Vježba je trajala 25 sati i obilježena je nizom posebnosti. To je jedna od rijetkih speleospašavalačkih

vježbi u kojoj se izvlačenje unesrećene osobe napravljeno „prema dolje“, odnosno od 125 m prema 400 m dubine. Također, Aida Barišić, koja je bila u ulozi unesrećene osobe, nije imala prethodnog ronilačkog iskustva te je na svoj 50. rođendan postala do danas jedina osoba koja je prošla čitavu traverzu između dva ulaza Sustava.

Pronalazak bypass-a Gornjeg sifona 2020.

Nakon pokusnih mirisnih pokušaja traženja pukotina koje zaobilaze Gornji sifon i neuspješnog pokušaja spajanja Najnovije i Nove dvorane, u studenom 2019. prionulo se kopanju najperspektivnije među njima. Dok su ostale pukotine zahtijevale ili proširivanje u stijeni ili odvajanje većih glonđi, jedna pukotina bila je zatrpna sitnim kršjem. Nakon prve radne akcije kopanja, ispostavilo se da je ovo najizglednije mjesto za dostizanje Nove dvorane. Kopanje je nastavljeno u veljači 2020., kada je iza prvog suženja dosegnuta dvoranica,

te potom još jedna u srpnju iste godine. Tada se desio ključan trenutak jer su nakon proširivanja drugog suženja istraživači ubrzo čuli vodeni tok i jednostavno ušetali u Novu dvoranu. Jasno, ovo otkriće otvorilo je put osjetno lakšem nastavku istraživanja Sustava u Mračnoj dvorani te dovelo jedan korak bliže ka spajanju Zračka i Kaverne i suhim putem.

Podizanje bivka u Kaverni – Mračna dvorana 2021.

Odmah nakon pronalaska bypass-a Gornjeg sifona, mnogobrojnost upitnika u Mračnoj dvorani potakla je preusmjeravanje svih istraživanja u ove dijelove. Tako je već u kolovozu 2020. organizirana akcija u kojoj se istražuju upitnici u svim smjerovima. Prema sjeveru je istražen kanal koji gotovo dopire do Nove dvorane, no nažalost uske i neprolazne pukotine onemogućuju spajanje. Prema istoku opremljena je vertikala te pronađen kanal u kojem je odmah započeto tehničko penjanje dimnjaka s vodenim tokom – Istarska divizija. Najperspektivniji dijelovi su oni koji se pružaju južno od Mračne dvorane, odnosno prema Zračku. Ovdje je nacrtano oko 200-tinjak m spleta kanala i dvorana s brojnim prolazima nalik labirintu (Kirvaj, Kapitalka, Đida baje). Sljedeća akcija organizirana je tek u veljači 2021. ponovo s ciljem nastavka istraživanja oko Mračne dvorane. Zbog izoliranosti lokacije, odlučeno da se i u ovom dijelu Sustava podigne bivač kako bi se olakšale naredne akcije. Tada je nastavljeno penjanje Istarske divizije, nacrtani su prostori između Kirvaja i Kapitalke te je istražen kanal Baukač iza proširenog suženja. I ova akcija bila je podržana od strane Liburnijskih voda d.o.o. (Grozić i Kukuljan, 2021). Istraživanjem Mračne dvorane i okolice, Sustav je prešao šesti kilometar duljine te je posljednjom akcijom u 2021. dostigao duljinu od 6620 m. Ovo mjesto i dalje predstavlja najperspektivnije mjesto za popunjavanje „praznine“ između Kaverne i Zračka i potencijalnog spajanja suhim putem.



Slika 20 | Gore - Ekipa (bez ronilačke opreme!) kod Zelenog jezera u Novoj dvorani nakon probijanja suženja. | Foto: Lovel Kukuljan

Slika 21 | Dolje - Podizanje prvog bivka u Kaverni u Mračnoj dvorani. | Foto: Dario Maršanić

► Geomorfologija Sustava

O morfologiji pojedinih dijelova može se dobiti dojam već iz prijašnjeg teksta pa su ovdje ponovljene samo glavne karakteristike Sustava koje se mogu pratiti uz priloženi nacrt. Glavni geomorfološki čimbenik razvoju ovakvog podzemnog sustava čini hidrogeološki odnos okršenih vapnenaca te „prijelaznih naslaga“ fliša. Vapnenci kredne i paleogenske starosti navučeni su na mlađe naslage

eocenskog fliša koji čine erozijsku bazu i onemogućuju produbljivanje vadozne zone. Naborani sloj fliša (u nastavku „ploha“) generalno pada od JZ prema SI pod kutem ~10°, a upravo su u tom smjeru kuda otječe voda razvijeni najveći podzemni prostori, tj. dvorane u Kaverni (npr. Nova, Velika, Prva, Druga i Treća dvorana) te Glavni kanal u Zračku. Izvjesno je da se ploha nastavlja i dalje od najdublje točke Sustava, no sediment i zarušenje trenutno onemogućuju

prolaz dalje. Na krajnjem JI dijelu Sustava, ploha gotovo dopire do površine (nadsloj je svega nekoliko desetaka metara).

Unutar karbonatne vadozne zone masiva prvenstveno su razvijene uže vertikale i kraći uži kanali koji spajaju vertikale. Tako je primjerice vertikalni dio Zračka (od ulaza do -200 m) sastavljen od niza kraćih meandara i kanala koji prate pad slojeva te povezuju vertikale kružnih ili elipsastih presjeka. Do dubine 90 m na mnogim su mjestima bila potrebna proširivanja, a tek ispod 120 m dubine meandri postaju viši, a vertikale prostranije. Sličnu morfologiju imaju penj u Trećoj dvorani, penj u Velikoj dvorani, Istarska divizija i dimnjaci u Radničkoj fronti. Za nastavak ovih penjeva i dimnjaka pretpostavljamo postepeno sužavanje uvis što otežava njihovo daljnje istraživanje i možebitno dopiranje do površine. Jedino je kanal Ininog odmarališta pretežno horizontalno razvijen te ima stalan tok vode, međutim, i on završava suženjima.

Hidrološka mreža Sustava također je uvjetovana oblikom i lokacijom flišne plohe. Sustav nema alogeni (ponorni) dotok, već su svi vodeni tokovi autogeni, tj. potječu od procjeđivanja kišnice. Kroz vadoznu zonu vodeni putevi se postepeno koncentriraju što je u primjeru Sustava moguće pratiti kroz vertikalne dijelove Zračka čiji kanali dopiru do Malog kolektora, odnosno hidrološki aktivnog Ininog odmarališta. Vodeni tokovi upadaju u dvorane te se zatim usmjeravaju i koncentriraju prateći oblik flišne plohe. Pretpostavljamo da flišna ploha u Sustavu ima blagi oblik doline pa se tako osim generalnog tečenja u smjeru pada plohe prema SI, tokovi usmjeravaju i prema dnu „doline“ gdje se nalazi glavni vodeni tok. Ovakvom hipotezom nameće se pitanje ima li još paralelnih dolina u istoj plohi i što se nalazi u njima?

Iako je hidrogeološko svojstvo fliša vodonepropusnost, podložan je eroziji pa je kroz Sustav moguće naći velik broj mjesta s debelim naslagama sedimenta zelene ili sive boje, koji

potječe upravo od trošenja fliša u kojem prevladava lapor. Najveći slojevi sedimenta nalaze se u Fosilnom dijelu Ponorne zone, a veće količine nalaze se i kod bivka u Zračku. Kao i na površini, tokovi na flišu imaju bujični karakter pa je tako tijekom jačih padalina moguće zamijetiti zamućenje vodenog toka zbog suspenzije sedimenta. Ipak, flišne naslage u dvoranama su samo mjestimično vidljive, a to je zbog znatnog urušavanja stijenske mase sa stropa dvorana i kanala čemu zasigurno doprinosi aktivna tektonika. Općenito je na mnogim mjestima u Sustavu stijena ljuskava i krušljiva, a na nekim mjestima i izuzetno krušljiva. Zbog aktivnog urušavanja ni vodeni tokovi u Sustavu nisu vidljivi duž cijelog svog prostiranja već su većinom skriveni između urušnih blokova i flišnog sloja. Vodeni tok je najlakše vidljiv u Vodenom kanalu te od CD sifona prema Novoj dvorani gdje je koncentriran. Ovi kanali posebno su zanimljivi iz razloga što ne prate flišni sloj, već su u potpunosti formirani unutar karbonata. Vodeni kanal u jednom dijelu ima čak kružan presjek kao tipičan kanal freatske zone krškog vodonosnika. Razlog ovome možemo potražiti u promjeni oblika flišne plohe, tektonskim pokretima i/ili zatrpavanju nižih kanala i probijanju viših. Jedan od indikatora promjena je i kanal koji povezuje CD sifon i Mračnu dvoranu, koji također probija vapnence, no koji je trenutno fosilan. Zanimljivost Sustavu daju i indicacije o znatno jačoj vodenoj aktivnosti kroz geološku prošlost. Primjerice, u Fosilnom dijelu Ponorne zone te odmah iza CD sifona vidljivi su kalcificirani obluci decimetarskih dimenzija. Speleotemi su u Sustavu općenito rijetka pojava.

► Hidrološki monitoring u sklopu projekta Hrvatskih voda

Projekt Hrvatskih voda osim poticanja speleoloških i speleoronilačkih istraživanja omogućio je i znanstveno proučavanje hidrologije Sustava na Učki čiji se rezultati nalaze u izvješću projekta (Kukuljan i Grozić, 2019). Postavljanjem mjernih uređaja koji

su kontinuirano bilježili tlak vodenog stupca na šest lokacija mogla se iščitati vremenska dinamika oscilacije visine vodenog toka na raznim mjestima u Sustavu. U Vodenom kanalu primjerice, mjerni uređaj je zabilježio podizanje razine vode do čak 3 m visine. Uz svako speleološko istraživanje obavljalo se i trenutno mjerenje protoka. Usporedbom ovih točkastih rezultata protoka sa vremenskim serijama visine vodenih stupaca bilo je moguće dobiti protočne krivulje, a njima i vremensku seriju protoka. Rezultati su pokazali da minimalna izdašnost vodenog toka doseže oko 10 L/s. Maksimalno izmjerene su iznosile oko 600 L/s, no uz ekstrapolaciju protočnih krivulja možemo pretpostaviti da maksimalni protoci dosežu i nekoliko 1000 L/s. Očekivano, odaziv na padaline je vrlo brz te se prestankom protoci vrlo brzo (unutar nekoliko sati ili dana) vraćaju na ujednačene, bazne razine koje konstantno prihranjuju kaptirani vodeni tok u Sustavu. Zanimljiva je dinamika temperature vode koja pokazuje postepeni porast s dubinom – na najjužnijem dijelu ona iznosi 7,5°C dok u Ponornoj zoni 8,5°C. Ovakav porast temperature očekivan je u krškim sustavima, a koristan je za predviđanje mjesta prihranjivanja vodenog toka, odnosno mjesta istjecanja. Temperatura vode na priobalnim izvorima iznosi oko 10,5°C što točno odgovara linearnom temperaturnom gradijentu zabilježenom u Sustavu. Sustav tako zahvaljujući svojim dimenzijama dobro oslikava kretanje fizikalno-kemijskih parametara vode i zraka kroz veći dio krškog masiva. Duž Sustava postavljeni su i loggeri temperature zraka, koji su na određenim mjestima (npr. Radnička fronta i Penj u Trećoj dvorani) zabilježili značajnu sezonsku fluktuaciju, a što ukazuje na dobru zračnu povezanost s površinom, a time i na speleološki potencijal. Preliminarni rezultati ovih istraživanja dosad su predstavljeni na Međunarodnoj školi krša u Postojni 2019. godine (Kukuljan i Grozić 2019b).

► Ostale aktivnosti i objekti nad Sustavom

Pronalaskom Zračka nade 2, istraživanja ostalih puhalica su logično bila manje intenzivna i manje interesantna. Ipak prilikom brojnih rekonosciranja, kroz godine su se pronašle brojne nove puhalice. Interes za traženjem puhalica je možda bio ponajviše potaknut istraživanjima u podzemlju. Kako bi se određeni dio Sustava istražio, tako bi dolazile u fokus puhalice koje su se nalazile tlocrtno iznad tih dijelova. Najviše rezultata dalo je pretraživanje terena tijekom hladnih zima s relativno plitkim snježnim pokrivačem. Tada namime topli špiljski zrak otopi okolice oko ulaza te se puhalice lako ističu na okolnom terenu.

Iznad Zračka pronađeno je nekoliko perspektivnih puhalica: jedna tlocrtno iznad najvišeg penja u Radničkoj fronti, puhalica/jama kraj Glavnog kanala te puhalica iznad Ininog odmarališta. Mjesto koje visinski najbliže dopire površini nalazi se na završetku Glavnog kanal nasuprot dvorane Nemanje Šešelja. Tamo se naime strop nalazi svega 15-ak metara ispod vrtače Rodno. Iznad Kaverne postale su zanimljive jame dubine 10 i 31 m koje se nalaze tlocrtno iznad južnih dijelova Mračne dvorane, a u blizini Ininog odmarališta. Zanimljivost je da je u tim istim jamama 2017. godine provedena akcija čišćenja, 4 godina prije nego je utvrđen njihov neposredni položaj iznad kanala koji su hidrološki povezani na vodeni tok u Kaverni. Akcija „Čisto podzemlje Parka prirode Učka“ imala je ekološko-edukativni karakter, a čišćenje je obavljeno u suradnji Zagrebačkog speleološkog saveza, Liburnijskih voda i PP Učka (Novak, 2017).

Pokušaji prodora dublje u podzemlje bili su i u Filipovoj puhalici tlocrtno u blizini tunelske cijevi (dub. 22 m, 2021.), u jami Sponzoruši (dub. 24 m, 2018.) te u okolnim puhalicama trenutne dubine manje od 5 m. Uzimajući u obzir morfologiju Zračka potencijalno povezivanje na Kavernu na ovoj poziciji predstavlja vrlo veliki

zalogaj zbog velike visinske razlike od oko 400 m.

Kao zanimljivost, tvrtka Vectrino d.o.o. iz Rijeke obavila je u zimi 2021. pokusno snimanje terena u okolici Zračaka dronom s termovizijskom kamerom. Unatoč krošnjama, pozicije ulaza u Zračak nade 1 i Zračak nade 2 bile su jasno vidljive, no manja puhalica, koja se nalazi iznad dimnjaka u Radničkoj fronti, ostala je neprimijećena.

► Zaključak i perspektive daljnjeg istraživanja

Unutar 10 godina intenzivnih speleoloških istraživanja istražen je najveći speleološki sustav u Primorsko-goranskoj županiji i široj regiji, a što je postignuto vizijom da je dotad istražena Kaverna u tunelu Učka samo nizvodni dio tog sustava. Zaključno sa sredinom 2021. godine istražena su i nacrtana skoro sva perspektivna mjesta u Zračku nade 2. U Kaverni u tunelu Učka kroz period 2018. – 2019. ponovljeni su svi dijelovi starog nacrtu iz 1983. od čega je jedan kanal izgubljen, dok su na brojnim drugim mjestima pronađeni nastavci kao što su Fosilni dio Ponorne zone, Četvrta dvorana, dimnjak u Velikoj dvorani i penj u Trećoj dvorani. Najveći dostignuti prodor i trenutno najperspektivnije mjesto za nastavak istraživanja nalazi se u Mračnoj dvorani i dijelovima koji povezuju Zračak i Kavernu. Upravo ovdje nadamo se pronaći i pratiti zračnu vezu prema Zračku što bi privelo do povezivanja Zračka i Kaverne i suhim putem mimo CD sifona. Gdje se ta veza nalazi u Zračku, zasad je teško nagađati, ali izgledno je da vodi kroz dimnjake, zarušenja ili slične prepreke. I ostala potencijalna mjesta nastavku istraživanja u Sustavu su penjevi i dimnjaci – penj u Velikoj dvorani i penj u Trećoj dvorani koji, ako ne već do površine, mogu omogućiti pronalazak novih dvorana uz kontakt karbonata i fliša, kao što je primjer penja u Trećoj dvorani i silazak do Najnovije dvorane. Iako zanimljive, ove perspektive ipak predstavljaju samo mikro-situaciju, dok

su dobro poznati i više nego zanimljivi pokazatelji makro-situacije. Govorimo dakako o hidrološkoj povezanosti Sustava s priobalnim izvorima ili pak o zračnoj povezanosti s puhalicama na višim nadmorskim visinama čime bi Sustav potencijalno premašio 1000 m dubine i desetine km duljine.

► Zahvale

Najprije zahvaljujemo svim pojedincima i članovima speleoloških udruga koji su na bilo koji način doprinijeli da ovaj Sustav naraste do današnje veličine, a koje navodimo u nastavku abecednim redom uz isprike ukoliko smo nekog propustili: Aleksandar Fabriš (SKH), Ana Klepo (SUE), Andrija Rubinić (SUE), Anja Štefan (HGSS RI), Antonio Ciceran - Cico (SKH), Branko Jalžić - Bančo (SOŽ), Dalibor Reš (SUE), Dario Maršanić (SUE), David Matijaš (SDI), Davor Šuperina (SDC), Dean Čolović (HGSS RI), Diego Košta (SUE), Dino Grozić (SUE), Ela Kovač (SOV), Elvis Brajković - Brale (SDC), Goran Nikolić (SUE), Goran Rnjak - Vjetar (SOSvM), Haris Vojniković (SUP), Igor Markanjević - Cigo (SUE), Ivan Glavaš (SUS), Jonathan Gabris (SOV), Kardi Županić (SDI), Karlo Brajković, Kristijan Racan (SDI), Larisa Grabar (SUE), Lena Penezić (SUE), Lovel Kukuljan (SUE), Luka Lončar (SDC), Maja Marinić (SOV), Marina Grandić (SOV/SUE), Marko Rakovac (SOV), Martin Glavić (SDC), Matija Vrkić (SUE), Matteo Zausnig (SUE), Mirela Gotal (SUE), Mladen Jekić - Sova (SDI), Nazif Habibović (SUE), Oleg Miklič (SUE), Ozren Dodić - Špale (SUS), Ozren Milaković (SUE), Petar Matika - Pere (SDI), Renato Banko (SKH), Romeo Ivanić (SUE), Sanjin Gotić (SUE), Sebastijan Labinjan (SDI), Stanko Rušnjak (SDC), Stefano Rudin (SUE), Stiven Knaus (SUE), Tin Tepavac (SUE), Vanja Senić (SUE), Vedran Malnar - Vedro (SUE) i Zoran Brajković (SDI).

Srdačno zahvaljujemo komunalnom društvu Liburnijske vode d.o.o. i njenim djelatnicima, a prije svega Vedranu Dorčiću, Deanu Doričiću i Ervinu Mraku koji su uvidjeli

potencijal speleoloških istraživanja te daju vjernu podršku kroz dugi niz godina aktivnosti. Za nesmetan ulazak i izlazak u Kavernu kroz tunel u bilo koje doba dana i noći, zahvaljujemo BINA-Istri d.o.o. i njihovoj vatrogasnoj službi. Zahvaljujemo Hrvatskim vodama VGO za slivove Sjevernog Jadrana-Rijeka na ukazanom povjerenju te posebno dr. sc. Maji Oštrić na podršci i suradnji. Zahvaljujemo JU Park prirode Učka na potpori.

► Literatura

- Biondić B. i Goatti V., 1983: Zaštitne zone vodoopskrbnih izvorišta na području općine Opatija - Hidrogeološki radovi, izvještaj, fond Geol. zavoda, Zagreb.
- Božičević S., 1977: Tunel Učka, nabušena kaverna s vodenim tokom (Stacionaža 1+632,20 - Kvarnerski dio), izvještaj, fond Geol. zavoda, Zagreb
- Božičević S., 1978: Tunel Učka - Speleološka istraživanja nabušenih kaverni (Stacionaža 1+475 1+630 Kvarnerska strana), izvještaj, fond Geol. zavoda, Zagreb
- Božičević S., 1985: Morfogeneza speleoloških pojava Istre i njihova zavisnost o geološkim i hidrogeološkim uvjetima na primjeru nabušene Kaverne uz tunel Učka, disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
- Božičević S., Goatti V., Biondić B., 1984: Vodoistražni radovi u spiljskom sistemu uz cestovni tunel Učka, arhiv IGI, Zagreb
- Glavaš, I., 2004. Speleološka istraživanja na području Parka prirode Učka, *Speleo'zin*, 17, 35 – 41
- Glavaš, I., 2009. Jama K'Učka, *Subterranea Croatica*, Vol. 7 No. 11, str. 10 – 13
- Grozić, D., Kukuljan, L., 2018: Istraživanje podzemnog toka vode kaptaže u tunelu Učka, neobjavljeni izvještaj, Speleološko društvo Istra, Pazin
- Grozić, D., Kukuljan, L., 2021: Vodoistražni radovi u novootkrivenim prostorima Kaverne u tunelu Učka - područje u okolici Mračne dvorane, neobjavljeni izvještaj, Arbos d.o.o., Pazin
- Kukuljan, L., Grozić, D., 2019a: Speleološka istraživanja podzemnih sustava povezanih sa zahvatom u tunelu Učka, neobjavljeni elaborat, naručitelj: Hrvatske vode, izvođač: Arbos d.o.o., Pazin
- Kukuljan, L., Grozić, D., 2019b: Decreasing the unpredictability of karst aquifers - preliminary results of speleological and hydrological research in the Učka Cave System, Croatia. U: Blatnik, M. (ur.), et al. *Karst hydrogeology - research trends and application*. Zbornik sažetaka Međunarodne škole krša Postojna 2019. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna
- Kukuljan, L., Grozić, D., Glavaš, I., 2020: Vodozahvat u tunelu učka - novija speleološka i hidrološka istraživanja. *Hrvatska vodoprivreda*, br. 233, str. 44-48
- Malez, M., 1960. Pećine Učke i Čičarije u Istri, *Acta Geologica* 2, Zagreb
- Malez, M., 1974. Istraživanje paleolitika i mezolitika na području Liburnije, *Liburnijske teme* 1, Opatija
- Novak, R., 2017: Čisto podzemlje Parka prirode Učka, URL: <https://cistopodzemlje.info/hr/novosti/cisto-podzemlje-parka-prirode-učka/> (pristup 18.05.2021.)
- Plan upravljanja Parka prirode Učka. Javna ustanova „Park prirode Učka“, 2010
- Reš, D., Glavaš, I., 2002. Jama Lovranski lazići, *Speleo'zin*, 15, 20 – 22

Cave System Zračak Nade 2 - Kaverna u Tunelu Učka

The cave system Zračak Nade 2 - Kaverna u Tunelu Učka is the largest and deepest cave in the Primorje-Gorski Kotar County. Speleological research began as early as 1977 when during the drilling of the Učka tunnel, the cavern Kaverna u Tunelu Učka was breached. At the time, the cavern had been explored to a length of 1490 m and a height difference of 135 m. However, strong air currents indicated the existence of an upper entrance, that is, a much larger area than what was previously known. Since then, it had taken 30 years for the potential of uncovering a natural path to the cavern from the surface to appear, which then triggered many years of speleological research on Učka. The cave Zračak Nade 2 was discovered near the Poklon Pass in 2011 and by the end of 2017 was explored to almost 2 km in total length which was then only 100 m away from the cavern. Finally, in February 2018, the Zračak Nade 2 connected to the cavern Kaverna u tunelu Učka forming a single system, thus achieving the long-awaited goal. However, this was not the end, because, continued exploration of the cavern resulted in the length of 6,620 m and 430 m in height with many parts left to be explored, at the time of writing. Also, for the first time, a complete speleological survey of the cave system is compiled and published. Apart from the speleological aspect, the cave system is very interesting from a hydrogeological and water supply aspect as well, considering most of the underground channels are formed at the contact of carbonates and flysch along which underground water flows. The main watercourse was captured for water supply as early as 1983 and to this day is a strategically important source of drinking water for Opatija and the Liburnian Riviera. Thus, in addition to the history and course of current speleological research, the article also briefly describes the geomorphology and hydrology of the cave system, which was closely explored thanks to the cooperation of cavers and institutions.

SUSTAV ZRAČAK NADE 2 - KAVERNA U TUNELU UČKA

Učka, Hrvatsko primorje

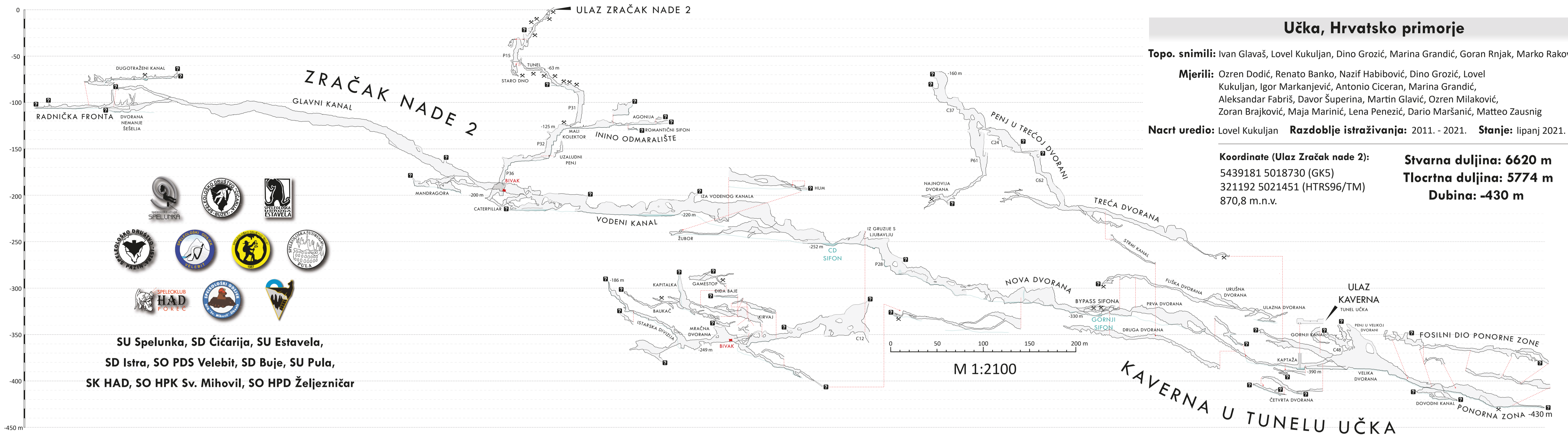
Topo. snimili: Ivan Glavaš, Lovel Kukuljan, Dino Grozić, Marina Grandić, Goran Rnjak, Marko Rakovac

Mjerili: Ozren Dodić, Renato Banko, Nazif Habibović, Dino Grozić, Lovel Kukuljan, Igor Markanjević, Antonio Ciceran, Marina Grandić, Aleksandar Fabriš, Davor Šuperina, Martin Glavić, Ozren Milaković, Zoran Brajković, Maja Marinić, Lena Penezić, Dario Maršanić, Matteo Zausnig

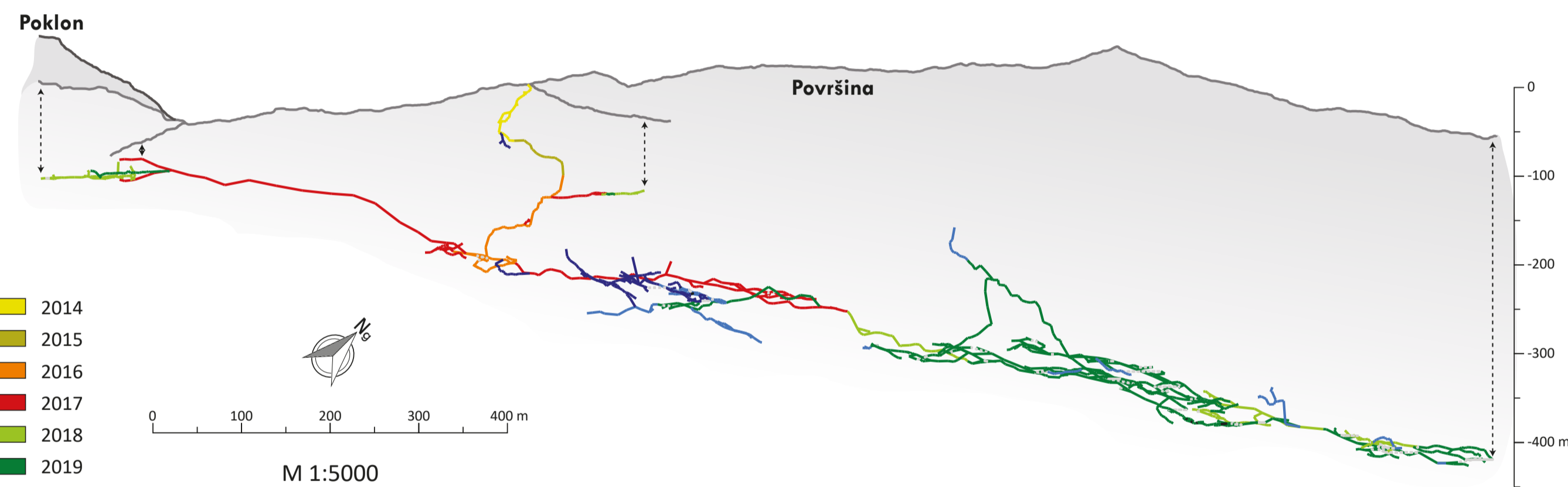
Nacrt uredio: Lovel Kukuljan Razdoblje istraživanja: 2011. - 2021. Stanje: lipanj 2021.

Koordinate (Ulaz Zračak nade 2):
5439181 5018730 (GK5)
321192 5021451 (HTRS96/TM)
870,8 m.n.v.

Stvarna duljina: 6620 m
Tlocrtna duljina: 5774 m
Dubina: -430 m



SU Spelunka, SD Čičarija, SU Estavela,
SD Istra, SO PDS Velebit, SD Buje, SU Pula,
SK HAD, SO HPK Sv. Mihovil, SO HPD Željezničar



Godina istraživanja ili crtanja:

- 2014
- 2015
- 2016
- 2017
- 2018
- 2019
- 2020
- 2021

