

Održivo kartiranje (merenje i crtanje) speleoloških objekata

Philipp Häuselmann [Filip Hojselman]

i radna grupa "Topografija i kartiranje" u Komisiji za informatiku pri UIS-u

originalni naslov: Sustainable mapping of caves

[Prvi put predstavljeno na International Karstological School 2006. u Postojni, Slovenija, sa idejom da se slobodno objavljuje i distribuira među speleolozima]

Uvod

Naslov ovog rada može na prvi pogled delovati neobično, ali čini se da u današnje vreme sve što je od opšteg interesa ima u naslovu reč "održivo". Ipak, ovo nije šala: ako definišemo pojam "održivo" kao nešto što "čuva životnu sredinu i minimizuje njeno narušavanje", možemo reći da održivo kartiranje zaista postoji. Cilj ovog članka nije propisati ovo ili ono (netoksično) sredstvo za obeležavanje tačaka prilikom kartiranja, već pokazati da je kartiranje održivo samo onda kada se uradi kako treba.

U suprotnom, kroz nekoliko godina, pećina će morati biti ponovno merena, što istovremeno znači i dodatno narušavanje krhkog pećinskog ekosistema.

Iskustvo je pokazalo da su ponovna merenja pećina veoma česta praksa. Postoje brojni razlozi ponavljanja merenja. Originalni nacrti mogu biti izgubljeni. Ili, ako nacrt postoji, podaci merenja su izgubljeni ili nisu dostupni. Nedostaje merenje padova i/ili uzdužni (razvučeni) profil. Kvalitet originalnog merenja možda nije u skladu sa postojećim, prihvatljivim standardima.

Ono što još više obeshrabruje je to što, ako pećina treba da bude ponovno merena, mnogi speleolozi to i rade, ali bez uzdužnog profila ili drugih potrebnih podataka. U nekom kasnijem trenutku pećina će ponovno morati da bude merena, sa ciljem dodavanja elemenata koji nedostaju.

Često i ponovljenom merenju nedostaju neophodni podaci jer speleolozi ne znaju tačno šta je i zašto potrebno. Cilj ovog članka je uputiti speleologe na terenu zašto je potrebno kvalitetno kartiranje i koji elementi su neophodni. Ovi elementi uključuju "Sveto trojstvo" – plan, razvučeni profil (sa poprečnim profilima) i tekstualni opis. Mi, ekipa merača iz celog sveta, nadamo se da će se ovaj članak širiti među speleolozima što više je moguće, da bi se minimizirao štetni uticaj brojnih ponovnih merenja i maksimizirala količina informacija koje se mogu prikupiti tokom merenja objekata, čak i kad speleolozi nisu istovremeno i geolozi.

Osnovi kartiranja

U svetu postoji mnogo različitih načina kartiranja pećina; neki su bolji, neki ne toliko dobri. Naš cilj nije da promoviramo jedan od standarda (to će biti sadržaj drugog članka), već da podsetimo snimače da se osnovi kartiranja pećina ne menjaju. To su:

- Korišćenje dobro održavanih i ispravnih instrumenata, mernih traka, laserskih daljinomera, itd; po mogućnosti onih kojima je proverena tačnost, odnosno koji su kalibrisani.

- Saradnja isključivo sa onim kolegama u merenju koji su svesni važnosti prikupljanja tačnih podataka, i koji su iskusni u korišćenju instrumenata. Takođe, neophodno je i da su svesni eventualnih oštećenja svog vida (dioptrija, paralaksa, itd.).

- POTPUNA svest o pogreškama kompasa usled uticaja metalnih predmeta (karbidnih lampi, rukohvata u uređenim pećinama, baterija, stakala) i izvora svetlosti. Pokazalo se da čak i moderne lagane LED lampe mogu uzrokovati značajna odstupanja azimuta (neke od njih samo kad su uključene)! Molimo vas da često ovo proveravate!

- Čvrsto insistiramo na merenju “od tačke do tačke”, tj. na korišćenju tzv. fiksni tačaka. Molimo vas da za poligonu tačku NIKADA ne koristite šlem ili struk vašeg kolege koji slučajno stoji baš na sredini kanala. Odaberite tačke na zidu, na obrušenim blokovima ili na drugim mestima koja se mogu obeležiti i kasnije pronaći. Obeležite tačke: lak za nokte obično dobro posluži – mala crvena tačka je diskretna i dugotrajna; drugi metod je mala nalepnica reflektirajuće lepljive trake. Tačno pozicionirajte tačku u odnosu na levi i desni zid, kao i na tavanicu i dno kanala (ovo je standardni metod za određivanje dimenzija kanala). Tačka može biti prikazana na poprečnim presecima, da bi se ubuduće mogla lakše pronaći.

Još nešto o metodima: možda ste došli u iskušenje da namerno “zaokružite” izmerenu dužinu vlaka na najbližu decimalu (pa da 3,56 m upišete kao 3,55 ili čak 3,6 m). Čemu to? Merenje je već urađeno, pa zašto namerno smanjivati preciznost ako to nije potrebno?

Obeležavanje poligonih tačaka je, izgleda, uvek “vruća tema”. Neki recenzenti ovog rada zalagali su se da se generalno ne ostavljaju nikakve oznake u pećini (da bi se u potpunosti sačuvalo njeno prirodno stanje), dok su drugi hteli lako vidljivo, dugotrajno obeležavanje barem na raskrscima, da bi se omogućilo kasnije povezivanje merenja. Moje lično mišljenje je da oznake treba da budu takve da se vide samo ako ih tražite – ali su u svakom slučaju prisutne i jasno označene na ključnim mestima.

- Poslednje, ali ne i manje važno: napravite detaljnu i tačnu skicu. Važnost ovoga je opisana dalje u tekstu, pod naslovom “Zašto nam trebaju precizni nacrti?”.

Neki speleolozi već u objektu prave nacrt u razmeri (uz pomoć protractora i razmernika), što produžava trajanje merenja, ali istovremeno povećava preciznost i pomaže da se izbegnu moguće greške.

Zašto “Sveto trojstvo”?

Prvo pitanje koje bi neko mogao da postavi je: zašto je neophodno imati nešto više nego plan pećine, naročito za one pećine koje su horizontalne? Odgovor je jasan: površina Zemlje je dvodimenzionalan objekat koji se može prikazati na karti – pa su geografske, geološke, autokarte, i druge karte, u širokoj upotrebi. Nasuprot tome, pećina (čak i kad je horizontalna) je u suštini trodimenzionalni objekat, pa se stoga na karti ne može u potpunosti prikazati. Čak i kod savršeno horizontalnih pećina, oblik kanala sadrži mnogo vrednih informacija koje ne smemo zapostaviti. Dalje u tekstu predstavljamo prednosti sva tri neophodna elementa, i navodimo koje informacije pojedini element sadrži. Zatim, objašnjavamo zašto je mnogo korisnije da imamo tačne nacрте umesto grubih “istraživačkih skica” ili samo podataka (tablice). Na kraju, naglašavamo važnost objavljivanja nacрта i rezultata.

Zašto Plan?

- Prvi odgovor je ujedno i prvi motiv bilo koga ko pravi neku kartu: plan pokazuje orijentaciju pećinskih kanala, njihovu širinu, odnose prema drugim kanalima, te prikazuje detalje u kanalima.

- Plan pomaže u prikupljanju informacija o mogućim vezama više pećina na istom terenu. Zato se može ispostaviti da je veoma korisno izraditi plan čak i za pretežno vertikalne objekte (za koje je ponekad urađen samo profil) (Sl.1). Pravi položaj pećine u prostoru može otkriti da je ona zapravo veoma blizu druge (možda veće i važnije) pećine. Nacrti koji su vezani za tačke na površini pokazuju odnose između površinskih i podzemnih oblika.

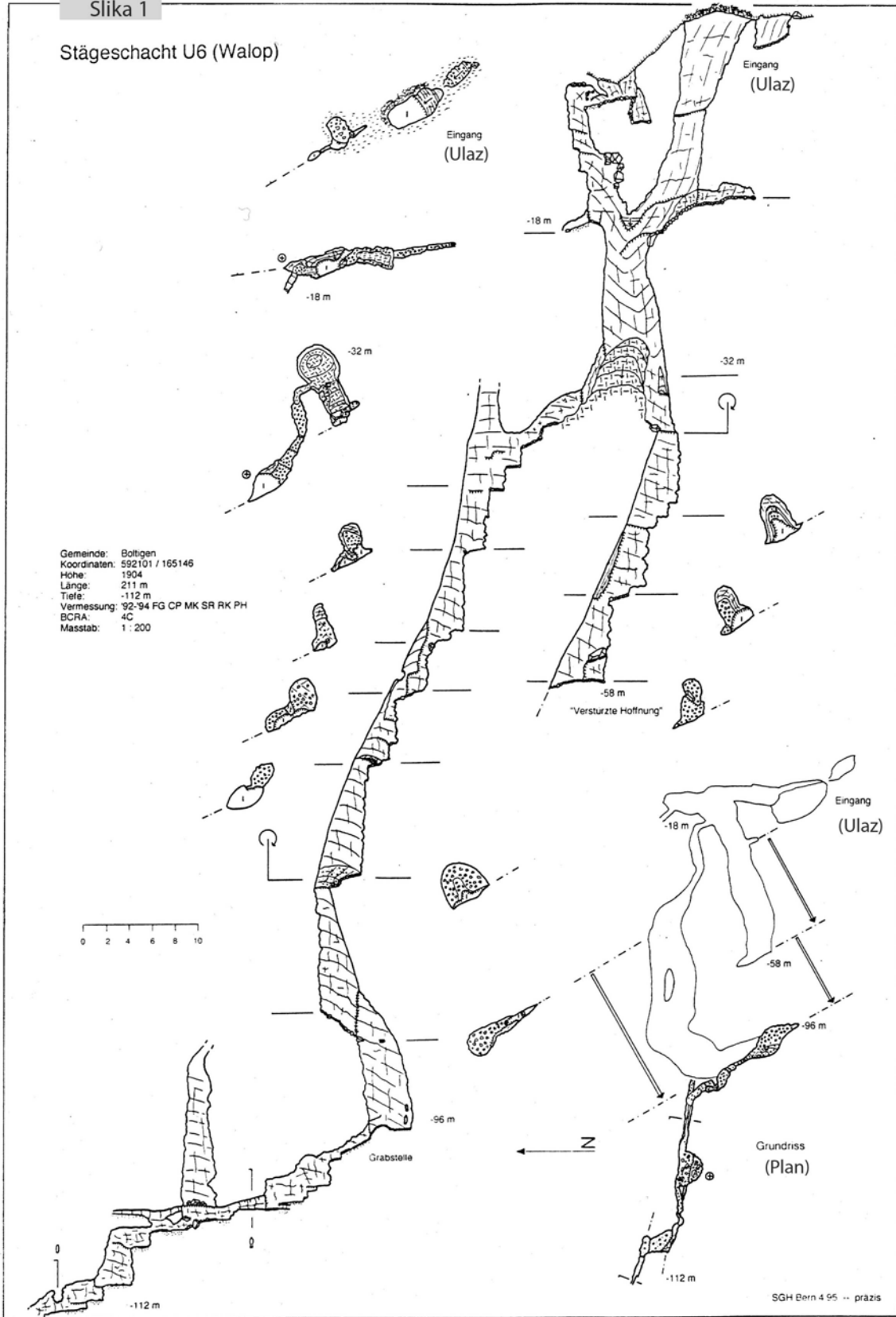
- Plan obično ne pruža mnogo podataka o genezi speleološkog objekta. Ipak, plan često daje dodatne informacije koje su vezane za genezu: na primer, ako pećina prati tektonski sklop terena, ili ako kanali izrazito meandriraju (Sl.2).

- Plan pruža informacije o sedimentima u pećini. Ponekad je poznavanje lokacija sedimenata od velike važnosti za pronalaženje nastavka kanala. Važno je i obeležiti mesta gde akumulacije sedimenata mogu da pregrade kanal. Speleolozi ovakva mesta obično lako uočavaju, ali ako te informacije ne stoje na nacrtu, verovatno u budućnosti neće biti sistematskog traženja nastavaka.

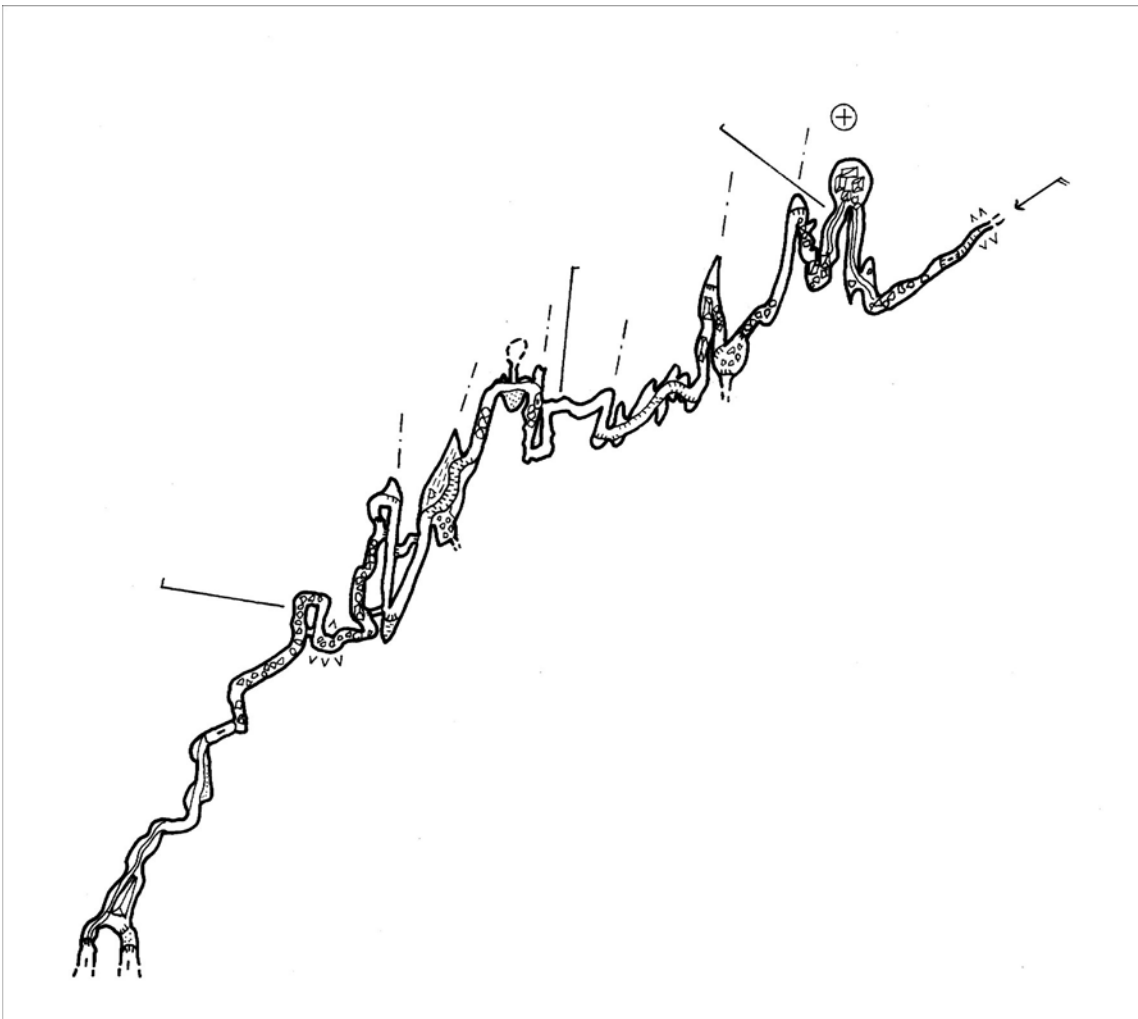
- Ograničenje plana je u tome što ne pokazuje oblik kanala, kao ni njegovu visinu (preostale dve dimenzije).

Slika 1

Stägeschacht U6 (Walop)



Sl. 1: Razvučeni profil, horizontalni poprečni profili i plan jame Stägeschacht ("Stepeničasta jama", Walop, Švajcarska). Razvučeni profil lepo prikazuje da jama uglavnom prati jednu pukotinu. Osim toga, prikazuje i ravni slojevitosti (koje su nabrane kod gornje vertikale). Razvučeni profil sadrži dva mesta gde je profil "okrenut": jednom da pokaže da je pukotina koja dolazi do "Verstürzte Hoffnung" paralelna onoj u glavnim vertikalama, a drugi put da profil bude usklađen sa planom. Plan najnižeg, sub-horizontalnog dela je upotpunjen sa gornjim horizontalnim delovima. Na taj način je prikazan međusobni odnos svih kanala do površine terena, kao i pravac osnovne ("vodeće") pukotine.

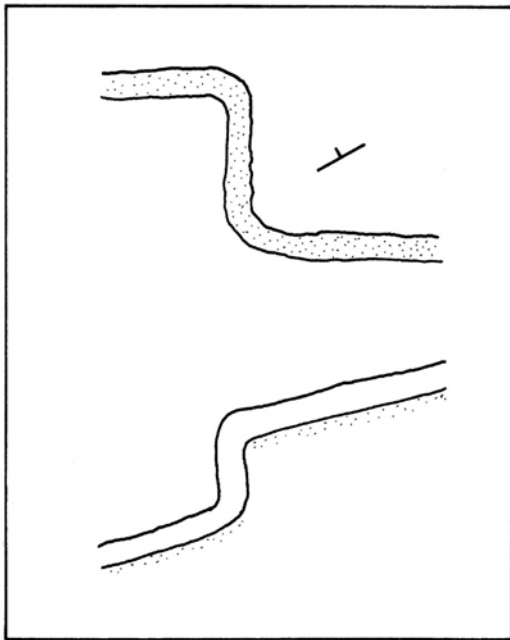


Sl. 2: Plan uskog meandrirajućeg kanala u pećini Anglorusskaja (Kavkaz, Rusija). Ovde plan sadrži i podatke o genezi. Naravno, ovaj kanal je u razvučenom profilu mnogo duži; moguća veza sa drugom pećinom ili sa vrtačom na površini terena vidljiva je jedino u planu.

Zašto razvučeni profil, zašto poprečni profili?

- Prvo protiv-pitanje ovom pitanju moglo bi biti: Zašto nije dovoljan projektovani profil? Odgovor je da su na projektovanom profilu sakrivene neke važne informacije. Pretpostavimo ravan projekcije istok-zapad, i kanal koji prvo pada od istoka prema zapadu (te je tako "ispravno" prikazan na projekciji), ali potom skreće na sever pod istim nagibom (Sl.3). Taj deo će u projekciji biti predstavljen kao vertikala. Ako ima promena u poprečnim profilima duž ovog kanala, to se ne može videti: informacija je izgubljena. Dobar crtač može sam da konstruiše projekciju uz pomoć plana i razvučenog profila, ali je mnogo teže (a u slučajevima gde se menja nagib kanala i nemoguće) konstruisati razvučeni profil uz pomoć projekcije.

(Projekcije su važne za 3D prikaze pećina zajedno sa površinskim pojavama. Ipak, takve projekcije se danas izrađuju pomoću računara, jer su podaci merenja ionako u prvoj fazi obrađeni pomoću računara).



Sl. 3: Plan (gore) i projektovani profil (dole) hipotetičkog pećinskog kanala. U projekciji je prikazan kanal koji liči na vertikalu, a u realnosti je to deo kanala koji pod blagim nagibom pada u pravcu koji je suprotan ravni projekcije. Iz ove slike je jasno da samo razvučeni profil predstavlja pravu morfologiju pećine.

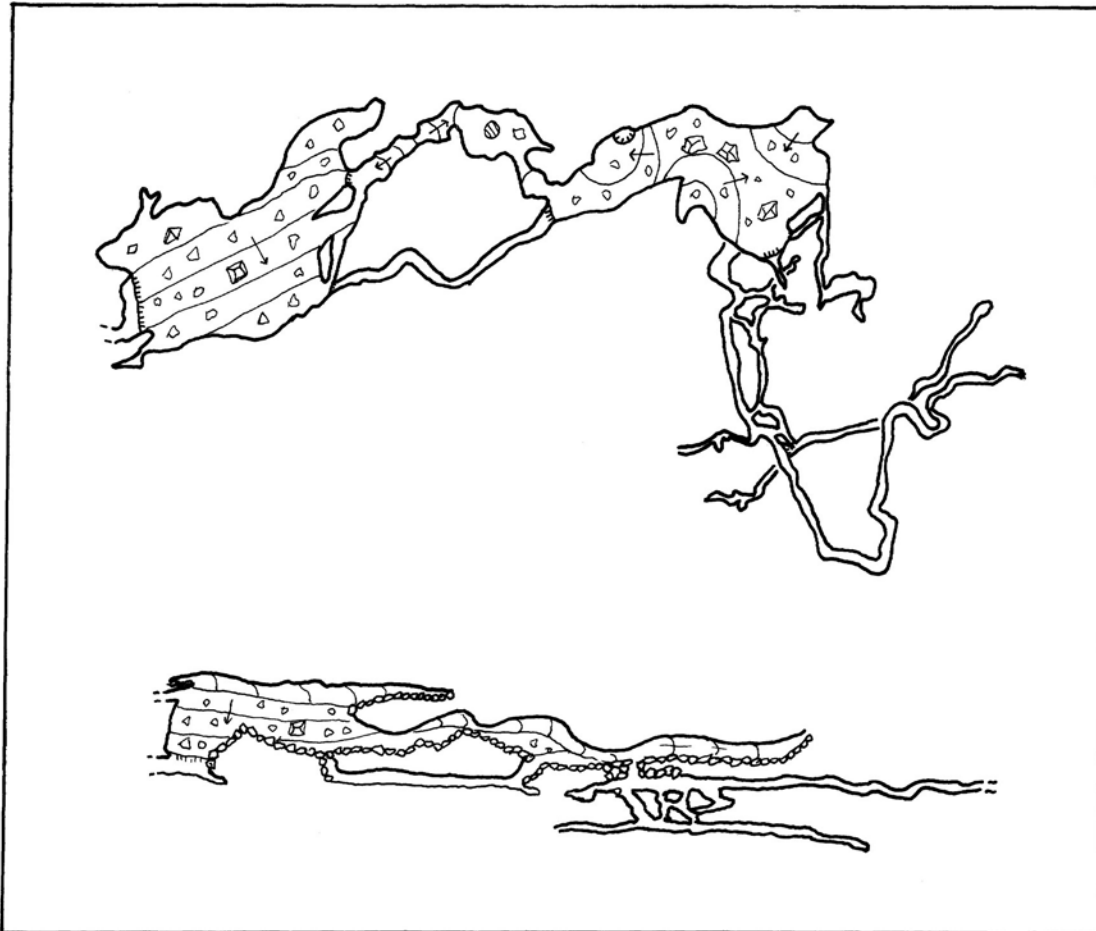
- Razvučeni profili daju uvid u tektonsku predispoziciju i ravni slojevitosti, što ne može uvek biti vidljivo na planu. Primer je dat na Sl. 1.

- Razvučeni profili daju potpuni uvid u moguće poteškoće u savlađivanju objekta (vertikale, puzanja, vodopadi, itd.), te tako mogu biti veoma korisni u planiranju istraživanja i kretanja kroz objekat. Oni tako u razmeri predstavljaju ukupno razviće objekta.

- Osnovna i najvažnija upotrebna vrednost razvučenog profila je ta što daje podatke o genezi pećine! Sve pukotine i sedimenti koje prikazuje plan nisu ni pola informacija u odnosu na one koje daje razvučeni profil. Da li je kanal freatski (tj. okrugla cev)? Ili je vadozni meandar? Ili je jedno i drugo u superpoziciji – kanal

oblika ključaonice? Naravno, sve ove informacije su takođe sadržane u poprečnim preseccima, ali međusobni odnos ovih pojava je veoma važan, a to je najbolje predstavljeno na razvučenom profilu. Dobar primer je dat na Sl.4.

- Poprečni profili su takođe veoma važni: oni pokazuju oblik kanala, što je takođe od značaja prilikom utvrđivanja speleogeneze. Da bi se pravilno predstavile sve geološke pojave jedne pećine, neophodna su sva tri elementa (plan, uzdužni profil, poprečni profili).



Sl. 4: Plan (gore) i uzdužni profil (dole) ulaznog dela pećine Pesteră Humpleu (Muntii Apuseni, Rumunija). Obe skice su lošeg kvaliteta, pa ih u tom smislu nemojte uzimati za primer. Ipak, obratite pažnju da je samo na uzdužnom profilu vidljiva geneza pećine u tri faze. Crtajte uzdužne profile i za horizontalne pećine!

Zašto tekstualni opis?

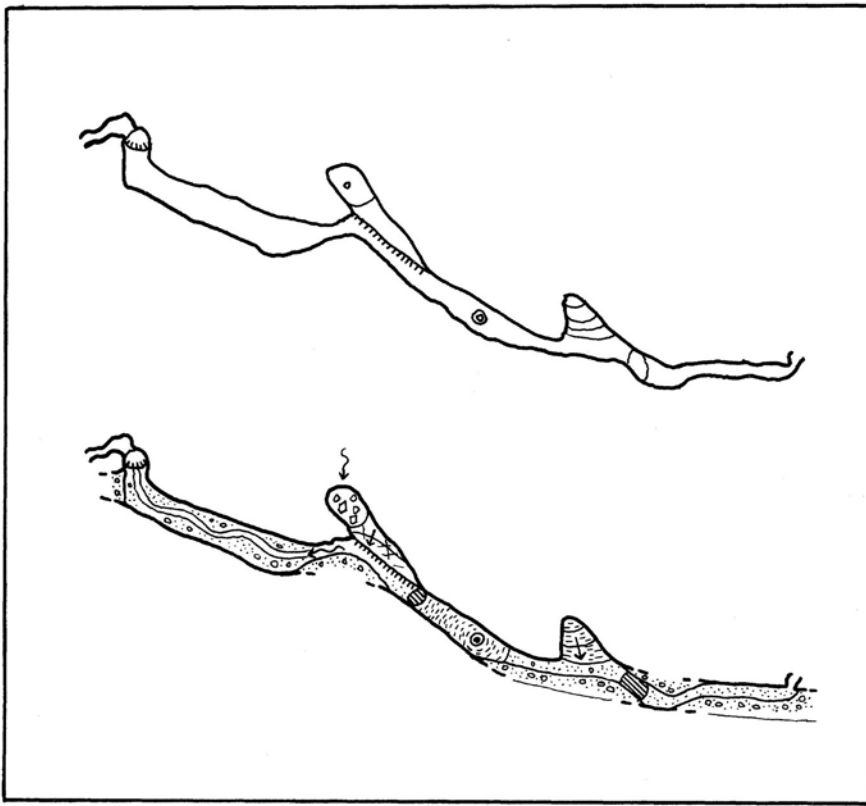
Odgovor je vrlo jednostavan: da li ste ikad pokušali ucrtati slepog miša na vaš plan (naravno, u razmeri)? Ili moguću opasnost od poplave koju ste приметili na pećinskim zidovima? Kako da izrazite svoje ideje u vezi geneze pećine?

Tekstualni opis je neprocenjiv izvor podataka koji mogu biti veoma važni, ne samo u naučnom smislu, već i za "obične" speleologe: spisak potrebne opreme, opasnosti od poplave, vrste stena u pećini, nestabilni oburvani materijal, pojave

gipsa, biologija, geneza... Svi ovi podaci ne mogu se prikazati grafički i moraju biti zapisani. Zato tekstualni opis nije marginalni tekst koji opisuje ono što svako može da vidi i sa nacrtu ("Sa leve strane, kanal vodi ka vertikali..."), nego sva vaša važna osmatranja. I, DA: SVAKO od vas može da osmatra važne stvari!

Zašto precizni nacrti, a ne samo podaci sa merenja i skice?

Na prvi pogled, ovo je jako dobro pitanje, jer precizan nacrt oduzima veći deo vremena prilikom topografskog snimanja; to je ono što čini snimanje tako "dosadnim". Zašto onda ne raditi samo grubu skicu? Za naučne svrhe, jasno je da precizan crtež sadrži mnogo više informacija. Ali takođe i "obični speleolozi" mogu da izvuku mnogo važnih informacija iz dobrog crteža. Sl.5 pokazuje deo nacrtu (plana). Gore, originalan nacrt. Dole, mogući "lepi" nacrt. Gde je sada nastavak velikog kanala? Da – u donjem desnom uglu možda ćete kopati da biste našli VELIKI nastavak. I – naravno – to se ne vidi na gornjoj skici.



Sl. 5: Značaj kvaliteta crtanja vidljiv je na ovom primeru dela kanala jedne pećine u Rumuniji. Gornji crtež je plan bez ključnih detalja, dok donji crtež predstavlja isti kanal sa mnogo više detalja (detalje sam ucrtao po sećanju i možda nisu u stvarnosti takvi, ali veliki kanal se zaista nastavlja!). Samo precizan crtež pokazuje mogući nastavak velikog kanala, koji će možda voditi u nastavak ove sjajne pećine.

Ukratko: Oblik kanala, kao i sedimenti i njihov položaj, zajedno sa informacijama o smanjenju ili povećanju dimenzija kanala, daju važne podatke o mogućim nastavcima. Ali to je vidljivo jedino na preciznim nacrtima.

I još nešto: Ako ste član meračke ekipe koji samo razvlači traku ili očitava instrumente, i pritom čekate crtača da završi svoje beskonačno škrabanje, šta radite (osim što se smrzavate)? Da: tražite bočne kanale. Budite sigurni da oni postoje – tražite ih, i naći ćete ih! Još jedan inteligentan način za očuvanje telesne toplote je da očitavate kontra-azimute i padove, da biste potvrdili tačnost prethodnih očitavanja. Budite spremni za iznenađenja!

U crtanju može postojati problem koju razmeru odabrati. To se mora odlučiti u zavisnosti od namene nacrt: paleontološko nalazište će zahtevati razmeru 1:50, na jednom papiru velikog formata, dok je za neku veliku pećinu dovoljna razmera od 1:500, na više papira koji se nastavljaju jedan na drugi. U Centralnoj Evropi, obično radimo nacrt u razmeri 1:100 za veoma male pećine, 1:200 za pećine dužine od 20 do 500 m, i 1:500 za duže pećine. Pokušajte da ne kombinujete previše razmera na istom terenu na kome je mnogo pećina, jer će u tom slučaju biti teško upoređivati nacрте i staviti ih u međusobni odnos. Naravno, ako znate da će finalni nacrt biti u razmeri 1:500, nema potrebe da prilikom merenja crtate u razmeri 1:50 – iako možete ako baš želite. Ali, ono što ne možete da uradite je da od pećinske skice sa preciznošću za razmeru 1:500 kod kuće napravite precizan nacrt u razmeri 1:50! Zato mislite o tome pre početka merenja.

Zašto objavljivati?

Našli ste laganu, lepu pećinu koja obećava, i čak ste je sa mnogo pažnje izmerili i nacrtali. Možda ćete se plašiti da će drugi speleolozi, ili “divlji” priučeni pećinari zloupotребiti ili oštetiti pećinu – pa je vaša reakcija da je zadržite u tajnosti. Ovo je veoma razumljivo. Ipak, veoma negativan momenat je da onog trenutka kad više ne budete aktivni, ili se kad onaj ko je crtao pećinu posvađa sa majkom koja potom spali sve njegove nacрте (verujte, ovo nije šala – znam za takav slučaj!), i svi podaci su izgubljeni.

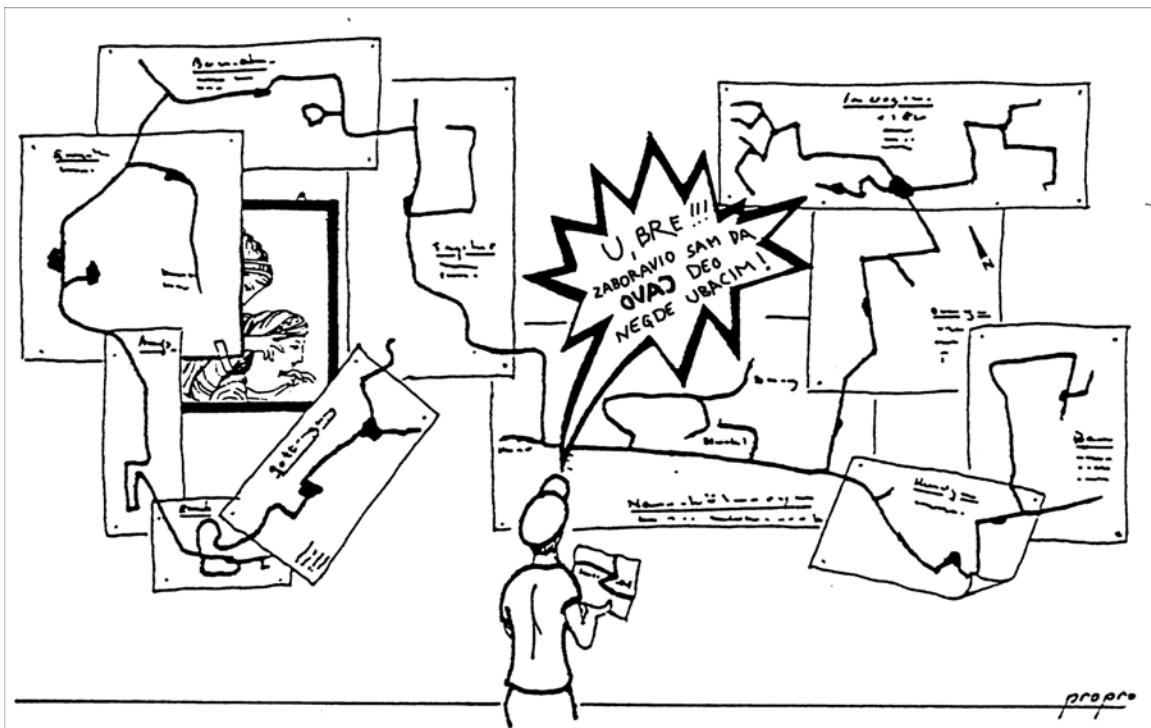
Zato vas molimo: objavljujte materijale o svojim pećinama, vaše nacрте, vaše podatke! Ako javno objavljivanje predstavlja opasnost za pećinu, stavite podatke barem u klupski ili nacionalni katastar. U nekim zemljama postoje katastri u kojima je moguće zatražiti tajnost podataka – iskoristite ovu mogućnost ako mislite da je to potrebno. Ali molimo vas, ne bacajte svoj trud i rad tako što ćete ga kriti u svom ormanu.

Kad već pričamo o sakrivanju: Čak i ako ste objavili svoj rad, može da se desi da originalni podaci treba da budu uneti u računar da bi se dobili 3D prikazi celog terena. To može biti veoma važno, na primer, u očuvanju pećine od obližnjeg majdana građevinskog kamena. Ili, drugi primer: moguće je da će u pećini biti pronađeni novi kanali (ne mora da znači da vi niste dobro gledali – možda je u međuvremenu bilo oburvanja!). U oba ova slučaja, važno je sve originalne podatke imati negde – ili kod kuće, ili u klupskoj arhivi, ili u nekom centralnom katastru. Nemojte bacati vaše terenske beleške i skice: koliko god da su blatnjave, bez njih bi možda bilo potrebno kompletno novo merenje u

gorepomenutim situacijama. Čuvajte ih: ne zauzimaju mnogo prostora, a u budućnosti bi mogle da budu od ogromne koristi!

Pogled u budućnost?

Računari sve više zamenjuju tradicionalne crteže tušem. Poslednjih godina, programi za crtanje (kao što je Adobe Illustrator) koriste se za izradu preciznih i veoma lepih nacрта. Napredak tehnologije će omogućiti da svi nacrti budu u boji (pesak je braon, voda je plava – ili bi bar trebalo da bude). Za one koji su zainteresovani za računarsko crtanje, dalje u tekstu je navedena web stranica na kojoj se nalaze korisne informacije i već pripremljeni materijali za upotrebu u Adobe Illustratoru. Imajte u vidu: papir je i dalje najdugotrajnija arhivska forma – on traje između 20 i 500 godina, ili čak i više, dok se može desiti da CD već posle 2 godine ne može da se učita. Zato posle crtanja pomoću računara, odšampajte nacрте radi arhiviranja! Sačuvajte svoj rad!



Web stranice sa više informacija

Postoji više web stranica koje nude korisne informacije o kartiranju i problemima kartiranja, tehnikama, i podacima. Verovatno ne znamo sve raspoložive sajtove, ali ovo su neki od najkorisnijih:

<http://www.sghbern.ch/hrh.html>

Ovo je sajt kluba HRH (Siebenhengste, Švajcarska) sa mnogo tekstova o kartiranju, mogućim greškama, itd.

<http://www.carto.net/neumann/caving/cave-symbols/>

UIS simboli za izradu nacrtu speleoloških objekata

<http://www.sghbern.ch/surfaceSymbols/symbol1.html>

simboli za geomorfološko kartiranje

<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/jsp/Declination.jsp>

računanje magnetne deklinacije za bilo koje mesto na Zemlji

<http://www.speleo.ch/~scmn/topographie.php>

dodatni materijali za izradu elektronskih nacrtu pomoću Adobe Illustratora (verzije 9 i 10)

Zahvaljujem

svima koji su doprineli ovom članku, davali korekcije, predloge, i prevode: Lukas Plan (Austrija), Ralph Müller (Nemačka), Ken Grimes (Australija), Gabriel Redonte (Argentina), Rafael Carreno (Venecuela), Jelena Čalić (Srbija), Erik Agrell (Švedska), Pat Kambesis (SAD), Andy Dickert (Švajcarska), Yvo Weidmann (Švajcarska), Alex Hof (Švajcarska), Eckart Herrmann (Austrija), Arnauld Malard (Francuska). Mnogi od njih su članovi UISIC radne grupe "Topografija i kartiranje".

Dodatak: Kompletan primer “Svetog trojstva”

Pećina F4

Lokacija

Severno od ulaza u pećinu F1 u Innerbergli-ju, veliki stenoviti odsek vodi u pravcu ESE. Posle 70 m, postaje vertikaln. Posle sledećih 25 m nalazi se prvi, a posle 70 m drugi ulaz eliptičnog oblika, u podnožju odseka (označeni su žutim slovom C).

Opis

Severozapadni ulaz strmo vodi na dole ka uskom kanalu duž raseda, sa dosta oburvanih blokova. Posle 10 m, kod velikog bloka, kanal skreće u desno (ka severoistoku) i zadobija veći, zaobljeni poprečni presek. Po dnu kanala su uočeni otvori koji vode u vertikale, ali su suviše uski. Odmah sa desne strane (ka SSE), nastavlja se uski bočni kanal koji prati ravan slojevitosti, sve do drugog ulaza.

Glavni kanal posle 10 m ponovno skreće u desno ka jugoistoku, ali ubrzo završava velikim salomom. U tom delu postoji nekoliko kratkih bočnih kanala, kao i manji odžak sa vodom prokapsnicom.

Sedimenti

Severozapadni deo karakteriše oburvani materijal. Kod jugoistočnog ulaza može se naći nešto zemlje između manjih blokova. Na kraju pećine primećena je pećinska glina.

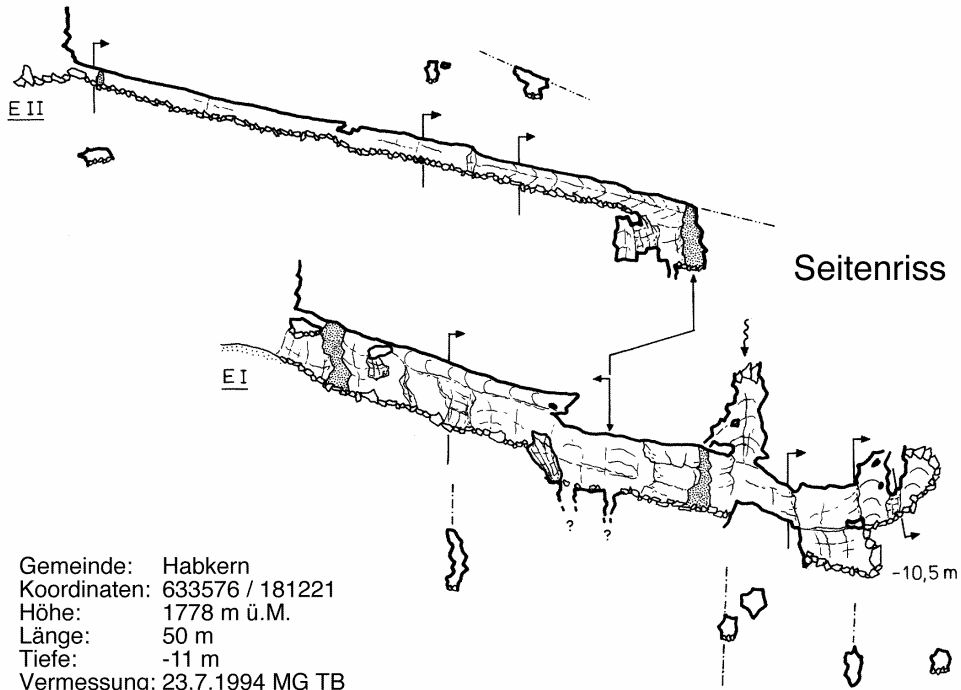
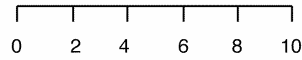
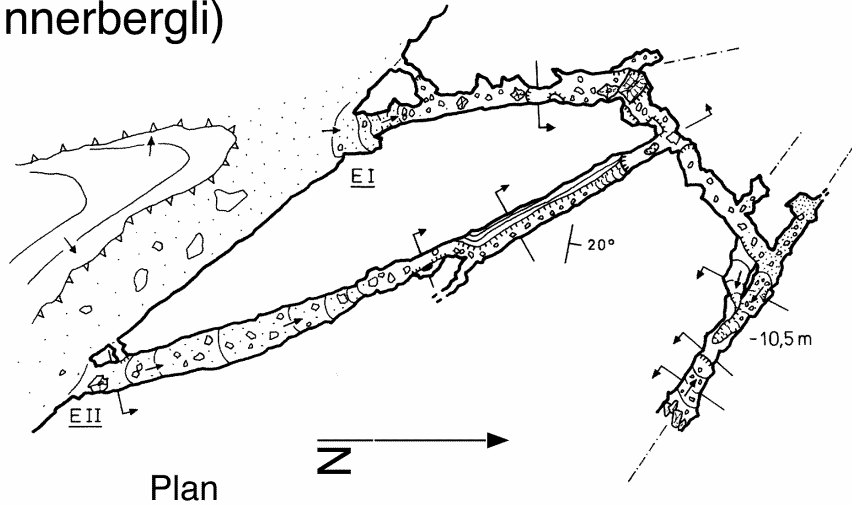
Morfologija i geneza

Pećina je jedan od tipičnih freatskih horizontalnih kanala, koji se u formi reliktnih pećina nalaze u današnjem škrparu. Dobro zaobljeni kanali uglavnom prate ravni slojevitosti. Sudeći po položaju, moguća je veza sa pećinom F5. Na visini od 1770 m nema drugih freatskih kanala. Sledeći viši freatski kanali su na visini od 1790 m n.v.

Istorija

Topografsko snimanje: R. Wenger, 7.7.1977. Ponovno istraživanje i otkrivanje kanala između dva ulaza: T. Bitterli i M. Gasser, 23.7.1994.

F4 (Innerbergli)



Gemeinde: Habkern
Koordinaten: 633576 / 181221
Höhe: 1778 m ü.M.
Länge: 50 m
Tiefe: -11 m
Vermessung: 23.7.1994 MG TB
BCRA: 4C
Masstab: 1 : 200

HRH / SGHBS '94 - T.B.