

HRVATSKI SPELEOLOŠKI SAVEZ



## Toporobot



PODZEMNA PLANINSKA KARTOGRAFIJA

—

Program i metodologija topografskog snimanja speleoloških  
objektata s 2d, 3d prikazom i sustavom arhiviranja  
podataka

**DALIBOR REŠ**

SU Estavela, Kastav

Instruktorski rad

za stjecanje kategorije Instruktor speleologije HSS-a

U Karlovcu, 29.2.2020.

## TOPOROBOT

(Kompjuterski potpomognuta speleološka kartografija)

### Uvod:

Toporobot (u daljnjem tekstu TR) je programski paket ili filozofija/metodologija topografskog snimanja speleoloških objekata koju je 1970. započeo Martin Heller švicarski speleolog i djelatnik odjela za geografiju Instituta za kartografiju u Zurichu.

U početku Heller nije mogao pronaći postojeći sustav koji je zadovoljavao potrebe crtača kao i potrebe programera. Iz tog razloga su se program i opis razvijali paralelno.



Cilj programa je pomoć pri uporabi i pohrani velike količine podataka velikih špiljskih sustava u Švicarskoj. Započeo je kao jednostavna platforma s karticama i kroz višegodišnji razvoj je usavršen do razine najkompetentnijeg programa za izradu speleoloških nacрта i obradu 3d modela.

Iako je izvorno razvijan za obradu podataka vrlo velikih špiljskih sustava, može se koristiti i za manje speleološke objekte.

Ovaj rad predstavlja TR, skup računalnih programa i metodologiju koji pomažu istraživaču špilje u obradi topografskih podataka istraživanja. Predlažu se neka pravila pri topografskom snimanju. Iako je zadnja verzija programa teenager, program je u hrvatskoj praktički nepoznat. Glavna zasluga ne poznavanja programa je ta što je razvijan na Mac operativnom sustavu koji u hrvatskoj speleološkoj zajednici nije zastupljen. Program je svojevremeno bio najsveuhvatniji program za obradu nacрта, iako je s razvojem stao 2009. i danas je vrlo upotrebljiv. U Hrvatskoj se praktički ne koristi, vrijedilo bi ga predstaviti speleološkoj zajednici<sup>1</sup>.

### Kako i zašto je sve počelo:

Krš je jedan od zastupljenijih krajolika u Alpama. On prekriva oko 20 posto ukupnog područja Austrije i Švicarske. Otprilike 50 posto austrijskog stanovništva se oslanja na opskrbu vodom krških izvora, uključujući velike gradove poput Beča, Innsbrucka i Salzburga. U Švicarskoj, razne zajednice i gradovi, kao što su Montreux, Vevey i La Chaux-de-Fonds izravno ovise o krškim vodama. Zbog raznih hidroloških i geoloških čimbenika, krška područja su vrlo ranjiva, posebno ako su izložena "stresu" povećanja hidrološkog, poljoprivrednog, turističkog i urbanog korištenja. Sustavi odvodnje u kršu uglavnom su pod zemljom i stoga još nisu temeljito istraženi. Te činjenice povećavaju značaj krških i speleoloških istraživanja. Saznanja o ovisnosti ekoloških čimbenika i ljudskom utjecaju od velike su važnosti za javnost. Identična je situacija i u Hrvatskoj<sup>2</sup>.

Krški špiljski sustavi su složeni, trodimenzionalni fenomeni. Njihovo topografsko snimanje i vizualizacija predstavlja izazov za kartografe, morfologe i kompjuterske programere. Mjerenje i izrada topografskih nacrti kao i izrada 3D špiljskih modela (uključena geologija) važni su dijelovi istraživanja objekata. Osim potpore speleološkim istraživanjima pri izradi topografskih nacrti i 3D modela, geolozi i hidrolozi pružaju bolji uvid u geologiju i tektonsku strukturu određenog prostora. Važno je naglasiti da ni 2D nacrt ni 3D model ne mogu primjereno predstavljati kompleksnu strukturu špiljskih sustava i njihove morfologije. U kombinaciji s podacima povezanih disciplina (npr. geologija, hidrologija, morfologija, biologija, klimatologija...) oni daju bolji uvid u kompleksne špiljske sustave i razumjevanje njihovog razvoja. Razvoj prostornog informacijskog sustava za trodimenzionalne podzemne prostore prvotno je razvijan za speleološke, a danas ima potencijal da se koristi u opće svrhe.

### **Razvoj programa:**

Već su 1971. u Bazelu pokrenute prve studije za izradu softvera koji će u budućnosti biti od pomoći speleologu topografu. Proces dizajniranja softvera prolazi kroz faze analize tijekom koje je potrebno odrediti prirodu i oblik elemenata za opskrbu računala. Za TR ovo se sastojalo u pronalaženju metode prikupljanja i bilježenja, tako da omogućava što bolju mogućnost prikaza špilja pomoću računala, bez izmjena ili nepotrebnog kompliciranja rada crtača. Ova je metoda testirana u mnogim špiljskim sustavima (špilja Flint-Ridge Mammoth, Hölloch, sustav Siebenhengste, Schwyzerschacht, Faustloch, kao i špilje u regiji Hohgant), a potvrdila je očekivanja. Danas se čak preporučuje i njegova primjena, bez obzira na to jesu li rezultati namijenjeni obradi na računalu.

Metoda istraživanja bila je prvi korak, tada je trebalo razviti različite algoritme potrebne za obradu topografskih podataka. Glavna proučavana područja uključuju tehnike postupanja s pogreškama i grafički prikaz. TR je opremljen snažnim algoritmima za izračunavanje pogrešaka, temeljenim na metodi jednog kvadrata i raznim modulima grafičkog predstavljanja koji su posljedica istraživanja fraktala i grafičkih prikaza, najrealističnijih u tri dimenzije. U 1970-im osobna računala još nisu postojala. Sveučilišta su tada imala samo velike snažne, ali ne baš korisne kompjuterske sustave. Rezultat rada sastojao se od oko 200 softverskih modula pisanih na različitim jezicima koji rade samo u okviru laboratorija za računalnu grafiku. Razumljivo je da je pristup TRu bio tehnički ograničen na nekoliko iniciranih.

Kako bi učinio svoj rad dostupnim većem broju speleologa, Heller je 1990. počeo ispisivati svoje algoritme na Macintosh računalo. Ovaj se izbor nekima danas može činiti iznenađujućim (zašto to nije učinio za IBM PC kompatibilna računala). Ako u kontekstu vremena uzmemo u obzir karakteristike dviju vrsta

računala, shvatit ćemo logičan izbor, usporedimo li razlike na razini Osa, grafičke mogućnosti, korisničkog sučelja kao višeslojni prozori, miš, padajući izbornici...

Iako je rezultat višegodišnjeg istraživanja, TR se ne može smatrati završenim. Prilagođavanje svih modula širokoj javnosti uvijek će zahtijevati mnogo vremena za prepisivanje u transkripcije, prilagođavanja, terenske testove, savjetovanja između crtača, developera i dizajnera. Za razliku od komercijalnih proizvoda, za koje duh konkurencije i prodajna cijena prečesto vode vrijeme razvoja, TR je u skladu s znanstvenim proizvodima. Ne namjerava postati prodajni proizvod, kvaliteta dobivenih rezultata određuje je li algoritam završen ili ne.

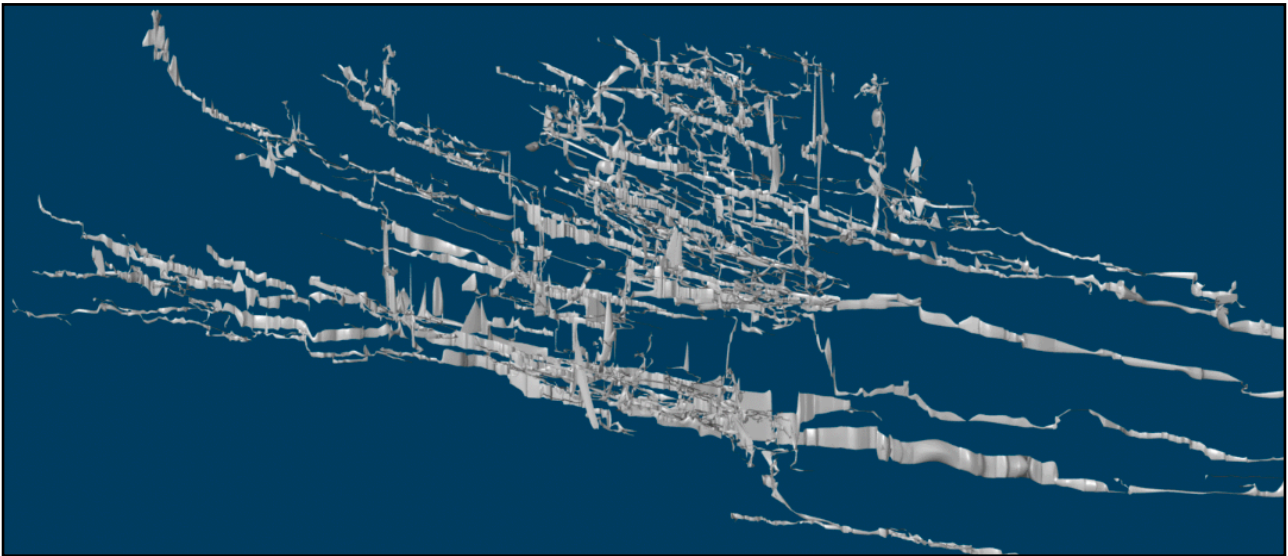
U studenom 1991. godine, tijekom sastanka u Zürichu, korisnici TR-a okupili su se u grupi korisnika Toporobot (T.U.G.). Ovu skupinu dobrovoljnog i međunarodnog karaktera čini stotina speleologa, crtača i informatičara. Članovi T.U.G. su redovito primali najnoviju verziju programa. Tako su, promovirajući upotrebu TR-a, članovi T.U.G. sudjelovali u razvoju softvera, testirajući najnovija poboljšanja, potvrđujući pravilan rad, testirajući nove kontrole, predlažući izmjene i dopunjavali središnju bazu podataka. Savršen primjer njihovog rada je prijevod korisničkog sučelja na 4 jezika (engleski, njemački, francuski, talijanski). Grupa se temelji na strukturi stabala (dizajner, nacionalni ili regionalni koordinatori, tester, korisnici). U početnoj fazi, glavno jezgro T.U.G. većinom čine švicarski članovi, ali na inicijativu FFS-a stvara se francuska podružnica, T.U.G.F.<sup>3</sup>

Mnoge ekspedicije koristile su TR na prijenosnom računalu: Nepal (D. GEBAUER), Grčka (J. J. BOLANZ), Meksiko, ekspedicija CERRO RABON, Libanon (Ch. LOCATELLI), Kina (J.P. BARBARY) itd.

Princip rada T.U.G. možemo smatrati kao jedno od prvih iskustava takve vrste. Program se razvija postepeno, uzimajući u obzir probleme i pokušavajući pronaći rješenja koja zadovoljavaju. U disciplini u kojoj pojedinac obilježava rad svojom osobnošću, postavljen je standard. To je omogućilo američkim špiljarima da rade u skladu sa švicarskim timom u Meksiku, jednostavno zato što su imali istu metodu i istu tehniku.

U razvoju projekta su sudjelovali mnogi speleolozi. Izvanredni nacrti koje su dostavili kolege i njihovo oduševljenje kad su vidjeli potpuno novi trodimenzionalni prikaz Siebenhengste zasijao je u srcima toporobotskog svijeta<sup>1</sup>.

Sl. 3D Siebenhengste s kraja 1980ih.



U časopisu Spelunca iz 1994. godine pišu o TRu koji se pojavljuje kao svojevrsni mit, nepristupačan san speleologa crtača. Njegov je rad testiran u stvarnim uvjetima i predstavljen javnosti, ponekad pružajući speleolozima priliku da čuju ime, vide neke rezultate, eventualno se približe programu, ali sve to, bez mogućnosti da ga stvarno koriste. Od 1991. godine konačno je dostupna verzija softvera za Macintosh. TR je od tad u stalnoj evoluciji i podvrgavan usavršavanjima i testiranju sve do početka 2006. godine.

#### **Metodologija:**

Sadrži tri komponente:

Prva je metoda topografske izmjere na terenu koja će omogućiti pojednostavljenu automatsku izradu poligona speleološkog objekta; Druga je softver za proračun i reprezentaciju nacрта, LimeLight. Treće je načelo arhiviranja podataka nacionalnih grupa Toporobot koje omogućava spremanje topo podataka i standardizaciju formata. Iako su 1 i 3 komponenta prilično univerzalne, drugo, tj. softver, u nedostatku besplatnog emulatora, rezervirano je za korisnike Macintosha računala.

Danas postoji više softvera za izradu i manipuliranje speleološkim podacima, na različitim platformama. Od ključne je važnosti da oni mogu međusobno komunicirati. Najprikladnije je da svi mogu izvoziti u formatu koji je čitljiv u svim sustavima. Toporobot to dopušta u Tekst formatu. Autorova nada da programeri različitih programa prihvate ovo stajalište se obistinila, format je podržan i lako ga se može konvertirati u većinu programa za obradu speleološkog nacрта.

Danas se rad crtača sastoji od pažljivog snimanja špilje, unošenja podataka u kompjuter i izrade nacрта koristeći rezultate mjerenja.

Predložena pravila prilikom mjerenja dokazala su se u brojnim istraživanjima i koriste se u Švicarskoj, Francuskoj i dr. zemljama. Pravila su praktična i nepotrebno ne opterećuju crtače.

Ono što je najvažnije, spriječavaju kaos koji je tradicionalno prisutan tijekom obrade većih objekata. Metodologija se preporučuje i ako ne namjeravate koristiti program.

<sup>4</sup> U terminologiji izrade topografskog nacrtta Heller 1980. uvodi pojmove Speleometer i Speleografer. preklop su dvije različite metode za koje su potrebne različite vještine:

**Speleometrija:** Mjerenje "kostura" speleološkog objekta, stvaranje poligonskog vlaka zahtijeva sustavni pristup i precizan rutinski rad. Podrazumjeva mjerenje azimuta, nagiba, duljina i izrada tablice s podacima za izradu preciznog poligonskog vlaka.

**Speleografija:** Skiciranje obrisa prolaza i sadržaja istraženih kanala na poligon, pretpostavlja sposobnost prepoznavanja važnih značajki u špilji i zorni vizualni prikaz.

Obrada speleometrijskih i speleografskih podataka razlikuje se i u interesu. Speleografska interpretacija, koja rezultira izradom konačnog nacrtta speleološkog objekta, nudi kreativnu raznolikost i stalno zahtijeva nova rješenja. S druge strane, speleometrijska obrada, rekonstrukcija poligona uključuje zamorno ponavljanje što ga čini sklonim ev. pogreškama.

### **Speleometrija:**

#### **Pravila i preporuke za korisnike TOPOROBOT-a**

"Istraživanje orijentirano prema računalu" razlikuje se od tradicionalnih praksi samo u pojedinostima, prvenstveno u korištenju standardiziranih oznaka.

#### **Serije, mjerne točke**

Ono što je bitno kod "metode Toporobot" prije svega je da mjerenja ne bilježe neovisne mjerne sekcije, već sekvence mjernih odjeljaka. Jedan takav mjerni vlak naziva se serijom.

Prva je točka označena brojem 0, (sadrži podatke l,d,g,d,nap) točke su označene uzlaznim redoslijedom 0, 1, 2 ...

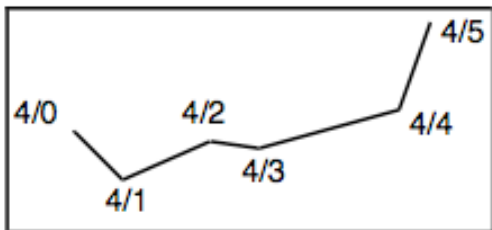
Točke su grupirane u serije.

Serijska je niz točaka koje su međusobno povezane mjernim vlakom. Po definiciji, u seriji nema diskontinuiteta. Ako nastavimo snimati u drugom sektoru, stvorit ćemo novu seriju. Serija može biti vrlo dugačka (npr. glavni kanal špilje) ili vrlo kratka (izolirani detalj u dvorani, na primjer bočni kanal). Međutim, prikladno je izrezati dugi kanal u nekoliko serija, što odgovara, primjerice, različitim terenima snimanja. Predlaže se da svaka serija predstavlja morfološku jedinicu speleološkog objekta.

Neki korisnici pojam serija žele povezati s pojmom kanala. Ovakav pristup postupku može pojednostaviti opis špilje, ali nije obavezan.

**Serijska je temelj Toporobota.** Serijska je označena brojem *i/j*. *I* je broj serije, a *j* broj točke u njenom nizu.

Ako 4. serija uključuje 6 točaka (povezane zajedno u pet točaka mjera). Te će stanice biti označene brojevima 4/0 4/1 4/2 4/3 4/4 4/5



Sl. primjer 4. serije koja sadrži 6 točaka

Točka 4/0 neće sadržavati podatke smjera. To je točka 4/1 koja će sadržavati podatke koji omogućuju prolazak od 0 do 1.

Prikaz serije na projekcijskoj ravnini je otvorena poligonalna linija. Nacrt je, dakle, prije crtanja kontura poligonalnih linija povezanih zajedno.

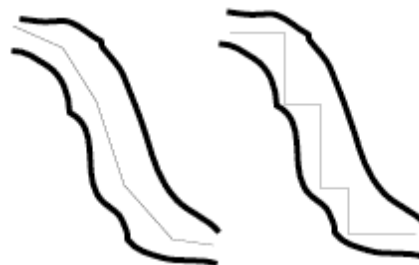
Postavite mjerne točke na važne morfološke promjene u kanalu ili na njegovom presjeku.

Kad je to moguće, treba izbjegavati akrobatske mjerene točke.

Što je kanal strmiji, preciznost izmjere pati.

Strme kanale je bolje snimati u koracima nalik na stubište.

Pogreške numeriranja ili pozicioniranja, kao i pogrešno označene serije, mogu se izbjeći diskretnim označavanjem mjernih točaka ili barem spojnim točkama insitu.



Treba iskoristiti svaku mogućnost zatvaranja petlje, jer često prepletanje serija povećava mogućnost ispravljanja pogrešaka.

Preporučujemo snimanje mjerne linije u svaki promatrani nastavak; tada su odvojci jasno vidljivi na shematskoj karti.

Unosom vrsta prepreka koje blokiraju potencijalni nastavak i vjerojatnost perspektive, računalo može sastaviti popis početnih točaka s napomenama mogućnosti napredovanja i prepreka.

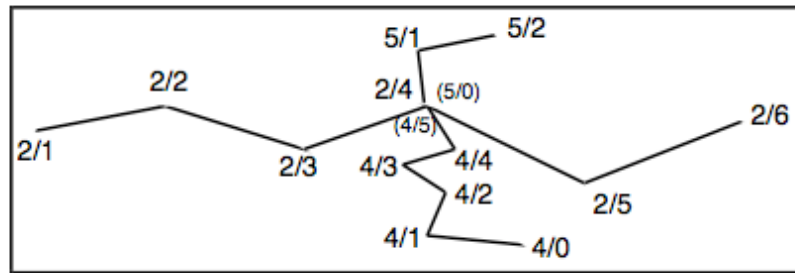
Ovi katalozi služe kao popis za planiranje daljnjih istraživanja.

### Spajanje serija / Veze

Dvije serije mogu imati nešto zajedničko. U programu je ta točka obično kraj jedne od serije. Ako je tako, na primjer, tijekom mjerenja, točka 4/5 serije 4 je uobičajena, zbog petlje, s točkom 2/4 serije 2. Nakon točke 4/5, započinje nova serija, 5 i točke popisa serije 2/4 i 5 bit će prikazane kako slijedi:

```
Series 2 ... 2/1 2/2 2/3 2/4 2/5 2/6
Series 3 ...
Series 4 4/0 4/1 4/2 4/3 4/4 2/8
Series 5 2/8 5/1 5/2 ...
```

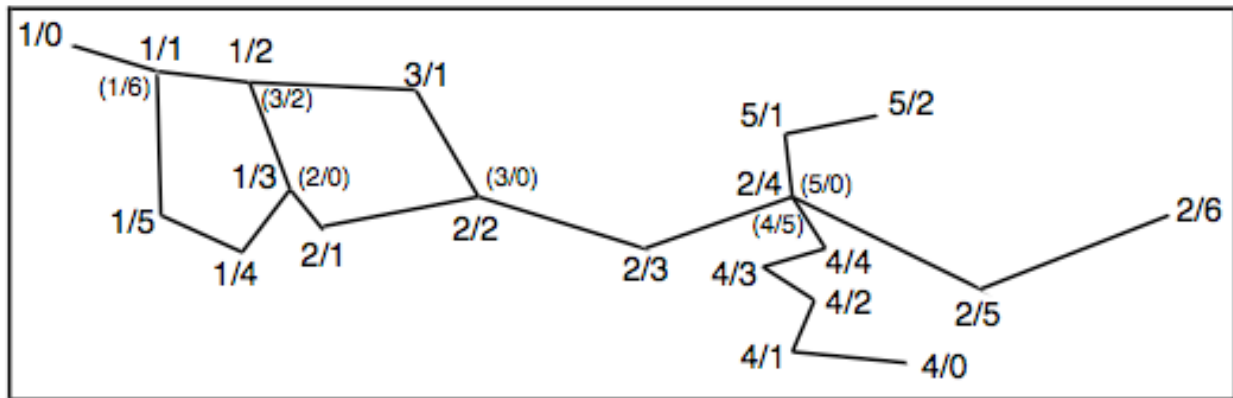
Sl. Križanje dva kanala i odabir numeriranja. Serija 2 nije završena.



Izmjena naslova posljednje točke u nizu 4 pokazuje da je točka 4/5 zajednička s točkom 2/4. Isto je tako i za seriju 5 za koju je točka 5/0 identična 2/4.

Serijska se ne može ostaviti bez veze s ostatkom poligona (veza na njenim krajevima ili veza na krajevima drugih serija).

Za seriju 4, bilo bi bolje pokrenuti seriju u točki 2/4, a ne na kraju bočne galerije. To bi omogućilo, u slučaju otkrivanja perspektive na kraju, nastavak unosa bez promjene serijskog broja.



Slika cjelovitog poligona koja prikazuje sve serije

Označavanje veza koristi se za karakterizaciju niza, kao i broja točaka. Tako će serija 5 izgledati ovako:

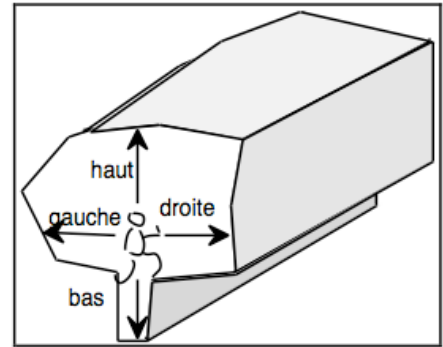
Series 1	Početak 1/0	Kraj 1/1	broj točaka 7
Series 2	Početak 1/3	Kraj 2/6	broj točaka 7
Series 3	Početak 2/2	Kraj 1/2	broj točaka 3
Series 4	Početak 4/0	Kraj 2/4	broj točaka 6
Series 5	Početak 2/4	Kraj 5/2	broj točaka 3

Vidimo da se serija sastoji od dvije vrste točaka. Točke unutar serije čije brojanje započinje brojem serija i točaka krajeva (početak i kraj) čije numeriranje može opet uzeti mjesto točke drugog niza. Primijetiti ćemo da se 1. serija kružno vraća na sebe. Prilikom mjerenja na terenu od velike je važnosti usvojiti podjelu u serije. Na starom nacrtu vrlo je lako obnoviti prilagođeno "rezanje". Čak i špiljari koji ne koriste Limelight softver mogu upotrijebiti gore preporučeno numeriranje.

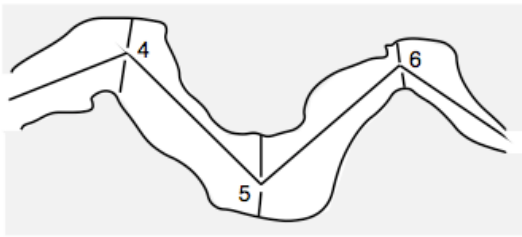


### Izgled djela presjeka i zapažanja

Na svakoj točki i uz gore opisane tri mjere zabilježite podatke koji će vam pomoći da što bolje predstavite podzemni prostor. To se odnosi na mjerenja širine kanala lijevo i desno od crtača, te visine iznad i ispod. Ako se mjerac nalazi u sredini i na dnu ili je kanal malen, jednostavno možemo zabilježiti širinu i visinu. Lijevo i desno u smjeru napredovanja.



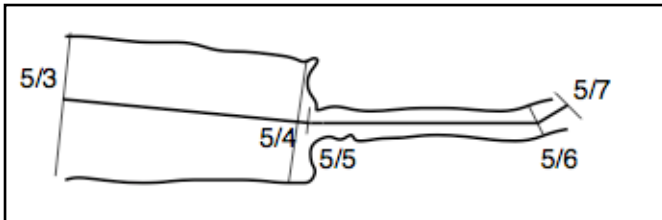
Slika Sekundarna mjerenja: širina i visina



Mjerenja širine i visine koristit će se za grafički prikaz podezmnog prostora. Ako kanal ima naglašen zavoj, širina se mora mjeriti okomito na prosječni smjer (prosjeak prethodnog azimuta i sljedećeg azimuta). Napominjemo da se tada širina mjeri na bisektoru kuta formiranog od dvije vidne crte (vidi sliku).

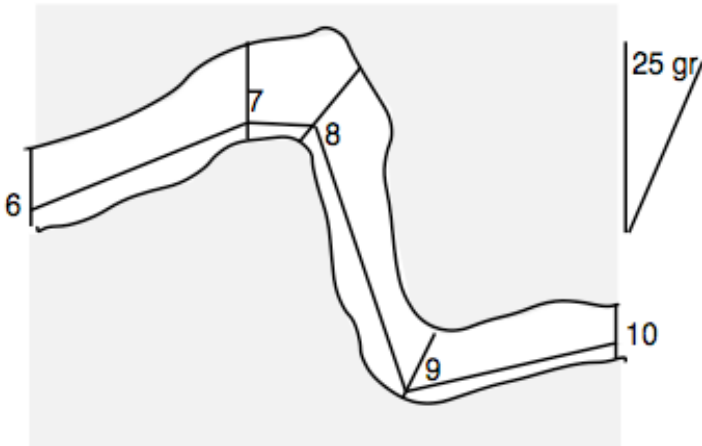
Širine se moraju mjeriti na bisektoru vidnih linija, osim na početku i na kraju niza, gdje se mjere okomito.

Ako se galerija naglo širi, praktično je tijekom snimanja dodati nultu duljinu. To će omogućiti realniji prikaz promjena širine kanala.



Sl. prikaz tlocrta

Visine u zonama vertikalne uzimaju se na bisektoru. U točkama 6, 7,



10, visine se mjere okomito (jer je kut bisektora s okomitom manji od graničnog kuta 25 gr).

U točkama 8 i 9 visine se mjere na bisektoru (kut veći od graničnog kuta).

Preporučuje se napraviti barem jedna mjerna točka na ulazu svakog bočnog kanala, tako će biti preglednije a vizura kanala će biti prikazana na shematskom planu.

Slika prikaz profila.

Indikacija širine lijeve i desne strane u vertikali će imati smisla samo ako je naveden azimut. Možemo uzeti prosječnu vrijednost prethodne i sljedeće. U kanalu s naglim promjenama visine uvest ćemo dodatnu točku (nula duljine) kako bismo novoj visini dodijelili novu mjeru.

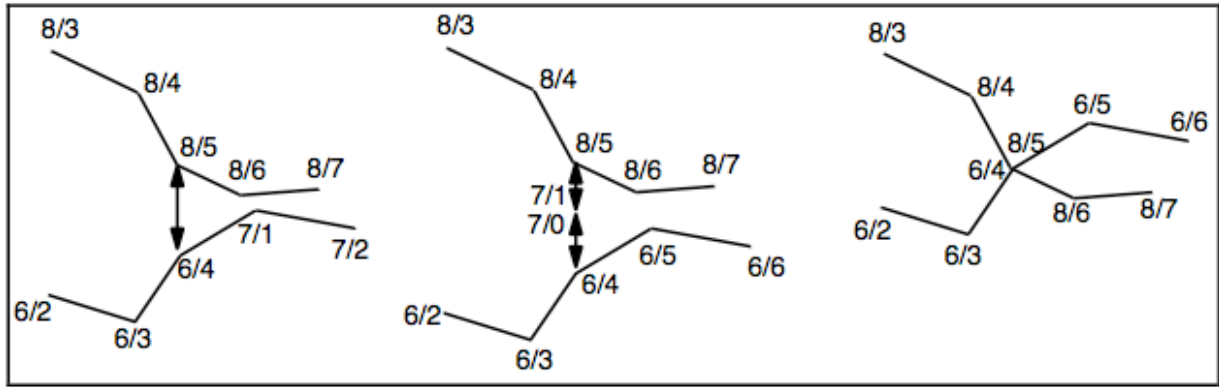
Poprečni presjeci su od ključne važnosti za kanale složenih oblika. Prema ukusima crtača ili potrebama onih koji će se koristiti nacrtom, špiljskom, turističkom, geomorfološkom ili drugom upotrebom, možemo primijetiti određene posebnosti, prirodu stijene, nagib i smjer slojeva, smjer lomova ili rasjede, ležišta, faunu, vodeni tok, protok zraka...

Naravno, beskorisno je bilježiti detalje koji se ne mogu prezentirati na nacrtu, osim ako nisu predviđeni dodatni nacrti. Mjerilo također ovisi o količini detalja koju želite koristiti u nacrtu.

### **Ograničenje povezivanja na kraju niza.**

Kada koristimo program, primjetit ćemo obvezu da veza odgovara početku ili kraju serije. Ta je obveza, naravno, rezultat izbora dizajnera softvera. Mogli bi na primjer, zamisliti serije čija bi veza bila uspostavljena tablicom poveznica između određenih točaka, neovisno o njihovim položajima u seriji.

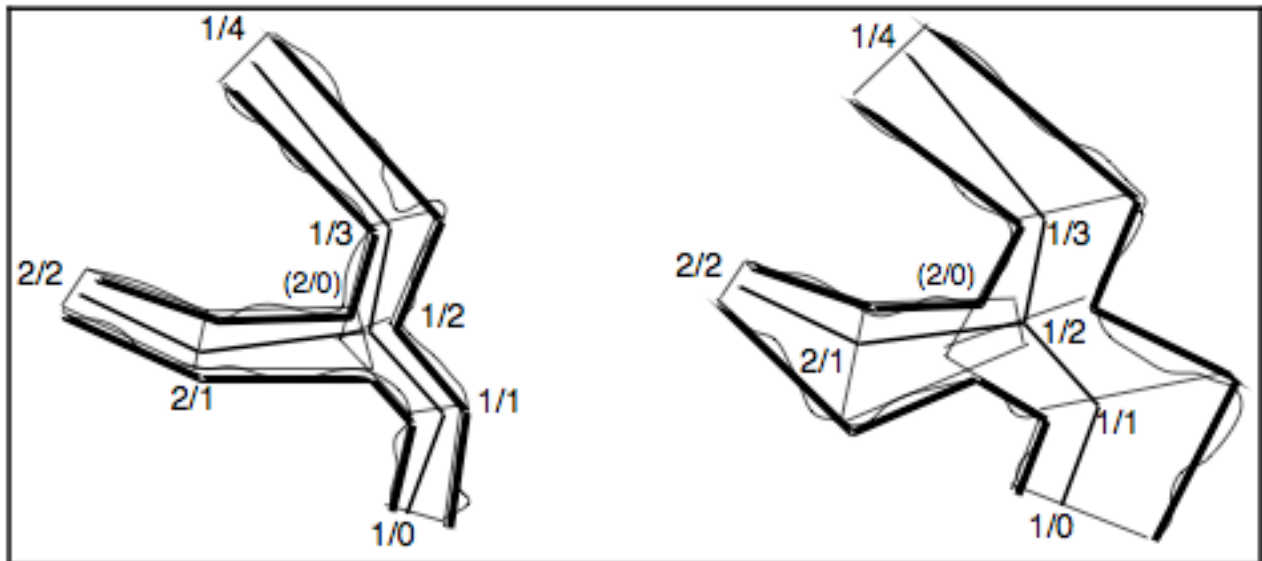
Prednost forsiranja veza na krajeve serije je zbog uštede vremena prilikom izračuna koordinata točaka. Neki špiljari ne poštuju ovo ograničenje. Trebali bi znati da na sljedeći način lako zaobilazimo ovu prepreku. Stvaramo serije koje se presijecaju bez zaustavljanja numeriranja na prijelazu. U tom slučaju stvaramo novu seriju koja osigurava vezu. Ova nova serija sadrži dvije točke povezane jednakom nultom duljinom. Svaka od dvije točke ove serije spojeva povezana je sa točkom serije na prijelazu. Tako je 7/0 spojena na 6/4, a 7/1 je spojena za 8/5.



Sl. Križanje dviju galerija (točke 8/5 i 6/4 su kombinirane).

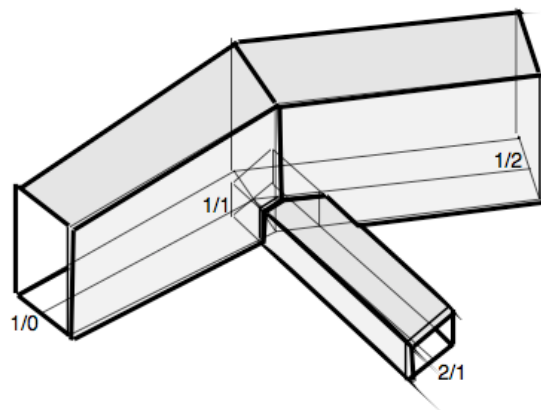
### Zastupanje veze.

Na raskšću, točka u sredini raskrižja pripada najmanje dvije serije. Svaka od ovih serija odgovara određenom kanalu (pravilo povezivanje serija). Točka spajanja koja je definirana na dva mjesta u topo datoteci, mora se podudarati s dvije oznake širine. Prva oznaka odgovara točki 1/2 i poštuje pravilo bisektora dijelova 1/1 - 1/2 i 1/2 - 1/3. Druga je ona točka 2/0. Kako je to prva točka u seriji 2, širina je uzeta okomito na segment 2/0 - 2/1. U drugom ćemo primjeru vidjeti kako fiktivna širina točke 2/0 (=1/2) omogućuje predstavljanje morfolofije bočnog kanala. Morate zamisliti proširenje kanala serije 2 na mjesto povezivanja i dati širinu (virtualnu širinu).



Sl. primjer spajanja dva kanala koriste se širine u točki 1/2. obje serije.

Na slici dvije točke 1/1 i 2/0 su kombinirane, ali širine i visine bit će različite kod svake od ovih točaka. Uzet ćemo one koje odgovaraju kanalu kojemu serija pripada. Dakle, točki 2/0 dodijelimo malu visinu (virtualnu visinu), vrlo različitu od visine točke 1/1. To omogućuje da se ovdje ispravno uzme u obzir ulaz u niski kanal. Spajanje dva kanala izvedeno je svojevrsnim vratima razgraničenim ravnim segmentima sa strana i blago zakrivljenim i kompliciranim linijama na vrhu i dnu.



### Unos podataka:

#### Fixpoint / podaci o ulazu:

Prvo se otvara prozor "Fixpoint" u kojemu se traži specificiranje ulaza u speleološki objekt. U središnje polje upisujemo naziv objekta i koordinate, ako ih imamo. U nastavku bilježimo nadmorsku visinu ulaza. U trenutku provjere točnosti, kontrola provjerava da ne postoji velika pogreška (poput 0 umjesto 0).

#### Trip / teren:

Upisujemo datum topografskog snimanja, autore mjerenja (speleometri) i autora crtača (speleograf).

**Magnetska deklinacija** je kut (promjenjiv u vremenu) između sjevernog geografskog i magnetskog sjevera. Kompas mjeri kutove azimuta u odnosu na magnetski sjever, pa je preporučljivo da unesete vrijednost deklinacije kako bi softver to uzeo u obzir. Ako neznamo deklinaciju, ostavljamo vrijednost 0, kao i ostale podatke. Polje **Auto** vrijedi samo za Švicarsku. Za speleološke objekte čiji se nacrt snima više godina, bit će potrebno voditi računa o tome da se magnetske deklinacije

dobro odrede. **Inclin:** predstavlja vrijednost nagiba magnetskog polja i ne odnosi se na nacrt, već na mogućnost uravnoteženja kompasa<sup>5</sup>.

## Code / Kod

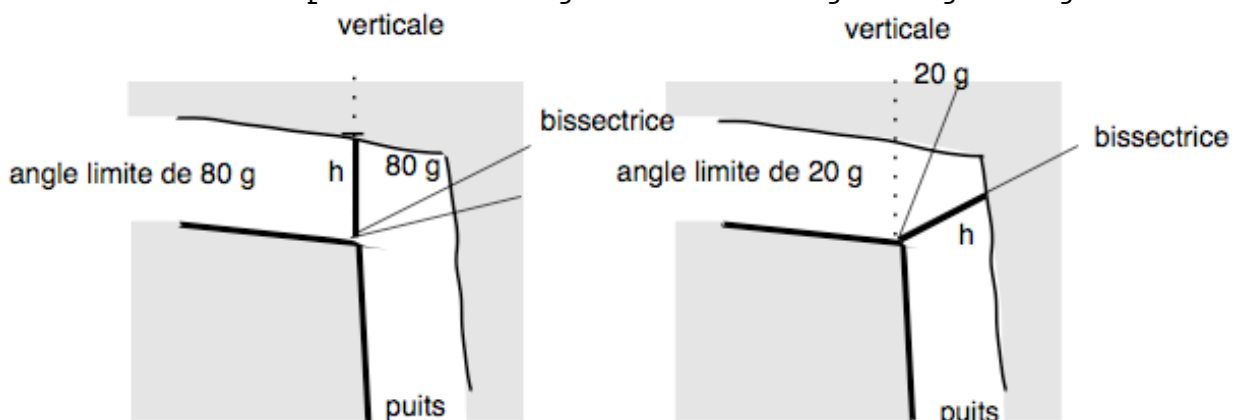
Ovaj prozor nazvan **Kod** omogućava određivanje mjernih instrumenata koji su korišteni prilikom topografskog snimanja. Moguć je odabir mjerenja: Topofil, stopa, metra i inča.

Odjeljak Azimut omogućuje vam odabir: sjevernog, tj. kutnog mjerenja u odnosu na sjever u gradienima (gr) ili u stupnjevima ( $^{\circ}$ ), isto tako moguće je izabrati iste za kontra azimute.

Nagib uklj. izbor: vertikalni g, Vertical  $^{\circ}$ , Vertical %, Zénital g, Zénital  $^{\circ}$ , Nadiral g, Nadiral  $^{\circ}$ , h razlika u visini m.

To znači da se može odlučiti za mjerenje nagiba u odnosu na vodoravnu ravninu (u gradijenu, stupnju ili postocima), drugo za mjerenje nagiba u odnosu na Zenit ili u odnosu na Nadir (okomito silazno od mjesta). Nadiralna mjerenja nagiba koriste/ili su Ruski speleolozi a mjere nagib od vodnog lica. Izbor  $\Delta h$  namijenjen je ronjocima koji koriste dubinu za topo.

Izbornik **Limit** omogućuje vam odabir usmjerenja lruđ podataka kao: vertikala, mješana, bisektrike, nevidljive, zanemarene duljine. Kad u prozorima točke dajemo indikacije za Vrh i Dno (vidi dolje), ta se mjerenja visine smještaju u smjeru koji ovisi o ovdje izabranim specifikacijama. Te se mjere zaista mogu prenijeti na vertikalnu ako smo se opredijelili za Vertikalno. Ako smo izabrali bisektor, oni će se premjestiti na bisektor dva pravca, onaj koji prethodi stanici i onaj koji slijedi iza njega. Ako ste odabrali Mješoviti, morate odabrati granični kut. Kut od 0 gr jednak je okomitom odabiru. Kut 100 gr ekvivalentan je odabiru Bisektrike. Za srednji kut postoje dva slučaja. Ako bisektor napravi kut prema okomici manji od graničnog kuta, "visina" će se prenijeti na okomiti. Ako bisektor napravi veći kut, "visina" će se prenijeti na bisektor. Ako za granični kut odaberete -100, linija će biti u nevidljivom načinu. Ako odaberete -101, točka će biti zanemarena na nacrtu. Dobra praktična vrijednost za ovaj kut je 40 gr.



Sl. Uporaba ograničenja za kut s vertikalom.

Granični kut je u lijevom dijelu 80 gr, a bisektor dviju vidnih linija pada u kut. Visoka indikacija će se prenijeti u vertikalnu.

U desnom dijelu granični kut je 20 gr. Bisektor padne izvan kuta, pokazatelj visine prenijet će se na bisektor.

Nevidljive točke se ne crtaju i udaljenost se ne uzima u obzir u ukupnoj duljini.

Ako je točka zanemarena biti će izostavljena iz nacрта. Izvršit će se izravna veza između prethodne i sljedeće točke.

Za pogreške moraju biti naznačene realne vrijednosti, na primjer 0,05 m za udaljenosti (err-di :), 2 gr za azimute (err-az :), i 2 gr za nagibe (err-in: ). S druge strane, za fiktivna viđenja (nevidljiva ili ne) potrebno je unijeti pogrešku 0 tako da se nadoknada u slučaju petlje ne vrši na ovom spoju.

## Series / Serije

Prikazuje se broj prve serije (1 ovdje). **Obratite pažnju na izbor prve serije! Ova serija nije ekvivalentna ostalim, a favorizirat će se u nacrtu.** Prva točka ove prve serije ostat će nositelj koordinata svih točaka nacрта. Nakon toga to nećemo lako promijeniti. Zbog toga je preporučljivo dobro razmisliti o izboru prve serije (na primjer unos ulaza).

Možete preći iz jedne u drugu seriju, po želji upisivanjem u polje u odjeljku Serija: željeni broj ili klikom na strelicu s desne strane (za korak do povećanja broja jedinice) ili na lijevoj strani (da biste prešli na smanjivanje brojeva s korakom od jedne jedinice). Možete upisati i broj željenih serija u odgovarajuće polje i potvrditi s OK (ili pomoću Enter ili Tab, ali ne koristeći gumb Return).

Stupci *begin:* i *end:* koriste se za definiranje veza između ove serije i idućih. To je sljedeća serija koja će nakon unosa biti povezana s ovom 1. serijom. Glavno polje koristi se za imenovanje kanala koji je ovom serijom djelomično opisana. Broj desno od serijskog broja daje broj točaka te serije. Prije prvog upisa njegova je vrijednost -1.

Series - K\_Glkanal01

Series: 1 25

begin: 1 end: 1

station: 0 25

ulazni kanal do polusifona

chances: Excellent 3

obstacle: None 0

Cancel OK

## Station / Točka

Popunjavamo lruđ nulte točke u seriji 1 koja je početna točka. Na dnu obrasca upisujemo broj koji označava opis topo tehnike naveden ranije u polju **Code**. Slično tome, polje **Trip** ispunjeno je brojem koji se odnosi na datum istraživačkog "terena".

Jednom kada su odjeljci popunjeni, pritisnite Return i dobit ćete obrazac za ispunjavanje podataka sljedeće točke.

U slučaju unosa vertikalnog mjerenja (90° vertikala), savjetuje se da označite azimut, jer će vrijednosti L i D omogućiti da zadrže pravac. Slično, naznake G i D u vertikalno orijentiranom kanalu poprimaju drugo značenje.



Series:	1	Station:	0	comment:	
left:	0.40	right:	0.40	up:	1.20
down:	0.00	code:	1	trip:	1

Sl. Prozor za prvu točku serije

Dva segmenta koji okružuju datu točku se izvode u smjeru bisektora. Iznutra za dno, a izvana za plafon.

Kada završite s unosom podatka u seriji, morate se vratiti u prozor **Series** i odrediti zadnju točku. Ako nije spojena na iduću točku, ostat će slobodna. Ako je spojena na točku u prethodnom nizu, u odgovarajuća polja upišite broj serije i broj točke s kojom je posljednja točka povezana. Zatim pomoću padajućih izbornika dovršavamo naznake procjene točnosti i prepreke koje eventualno ograničavaju nastavak kanala.

## Nastavak serije

Ako želite nastaviti seriju dodavanjem novih točaka na kraju, morate isključiti krajnju točku u prozoru Series i zatim otići do prozora Station da biste nastavili unos.

## Kratice i provjera podataka

Da bismo pratili različite točke serije, koristimo istu metodu kao da se krećemo različitim serijama, to jest kursorima (strelicama) na traci tijekom prozora, pokazujući pokazivač ili klikom pored strelice za prijelaz po deset točaka. Možete kliknuti na sljedeću točku, stisnite gumb Povratak i za povratak na prethodnu točku koristite kombinaciju tipki Shift-Back. Na kraju, možete unijeti broj točke u odgovarajuće polje u prozoru točke ili kliknuti na točku na nacrtu.

Klikom na broj u prozoru Series koji označava broj točke, odmah ćete se prevesti do zadnje točke serije (prozor Station). Suprotno tome, klikom na serijski broj naveden na vrhu prozora Station, odmah se vraćate na ispravan serijski broj u prozoru Series.

Ako kliknete na Start označit će vezu početka serije (prozor serije), odmah ćete preskočiti na željenu seriju. Ova se manipulacija može raditi serijski i omogućava vam da se korak po korak vratite do ulaza, a zatim vice versa.

### **Dosljednost i ograničenja**

Postoje provjere za izbjegavanje određenih ulaznih pogrešaka. Nadmorska visina je ograničena na 9999,99 m. Provjeravaju se kutne vrijednosti. Ako prelazi 360° / 400 gr za azimut ili 90° / 200 gr za nagibe, odbijaju se i ne možete preći na sljedeću točku prije nego što ih ispravite.

### **Brza navigacija**

S vremenom ćete naučiti prelaziti iz jednog okvira u drugi bez klika na dotično polje. Da biste to učinili, morate intenzivno koristiti kursor tipkovnice. Ove tipke omogućuju vam preskakanje s jednog polja na drugo. Vježba će ubrzati pristup različitim ciljevima. Naredba **Shift-Tab** (dviije tipke) omogućuje vam povratak na prethodno polje. Isto tako, tipka **Return** omogućuje vam spremanje (u redu) i skok do sljedeće točke. Naredba **Shift-Return** vraća se na prethodnu točku. Tipka **Enter** (desno od numeričke tipkovnice) također vam omogućuje preskakanje iz jednog okvira u drugi. Slično tome, naredba **Shift-Enter** omogućuje pomicanje okvira gore, a ove efekte možete konfigurirati i pomoću izbornika Edit - Preferences - Data Entry. Tipka **Option** se može koristiti za privremeno poništavanje izbora izvršenih u naredbi Edit-Preference-Keyboard. Isto tako, za uštedu vremena, brojeve brže unosimo pomoću numeričke tipkovnice.

### **Prikazivanje nacрта**

#### **Tlocrt**

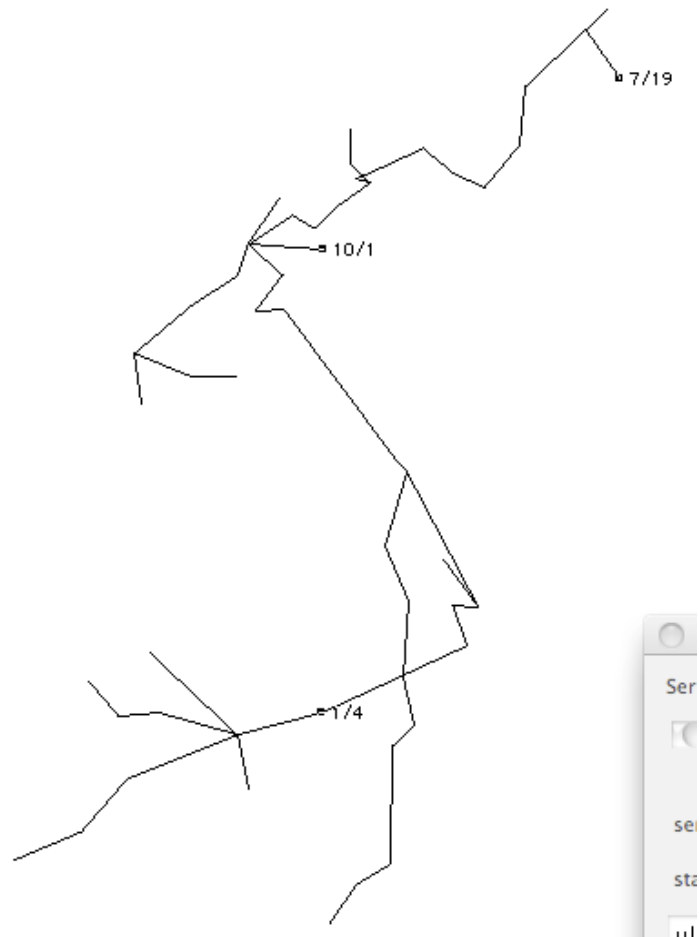
Da biste vidjeli prikaz tlocrta, jednostavno odaberite naredbu **Plan** iz izbornika **Screen**. Softver obavlja proračun, provjerava da li su veze dovoljne, eventualno signalizira ulaznu pogrešku, vrši proračune kako bi se osiguralo zatvaranje petlji u aproksimaciji najmanjih kvadrata i prikazuje plan u takvom mjerilu da automatski ispunjava zaslon. Eventualna pogreška kao npr. nedostatka veze između pojedinih serija će biti označena u širokom niskom prozoru pod tlocrtom. Na ovom su planu predstavljeni samo poligoni (vidne linije) koji odgovaraju serijama, bez posebne naznake točaka i brojeva.

Ako želite detaljnije pregledati tlocrt, koristite izbornik **View**. Pomoću naredbi u ovom izborniku možete povećavati (uvećati, pokazivač miša postaje povećalo), smanjiti (smanjiti, pokazivač miša postaje povećalo), srediti ravninu (u sredini). Suprotno povećanju možete dobiti klikom na prikaz uz pritiskanje tipke **Option**; kao kod naredbe **Zoom-out**. Naredba **Original** vraća se u početni prikaz.



Možda će biti zanimljivo otvoriti dva tlocrta. Jedan ostaje na konstantnoj skali i omogućava vam pregled, a drugi se koristi za pregled detalja na nacrtu zahvaljujući zumiranju. Igrajući se veličinama prozora s nacrtom, lako je organizirati dva pogleda jedan pored drugog ili jedan iznad drugog na vašem ekranu.

**Pointer.** Kursor miša postaje križ koji omogućuje odabir točke klikom na poligon. Ako kliknete predaleko od mjesta točke, ne događa se ništa. Ako kliknete dovoljno blizu, pojavljuje se broj točke (nestaje ako drugi put kliknete), a prozor na dnu pruža dva koordinatna sustava za točku (koordinate x na istoku, y na sjever, z nadmorska visina). Prva predstavlja koordinate u odnosu na unos (ili apsolutne koordinate ako su unesene koordinate ulaza), a druga predstavlja koordinate u odnosu na prethodno klikanu točku. Naročito je vrlo lako na ovaj način pronaći razlike u visini između dvije dane točke nacрта.



Ako ste upotrijebili naredbu Pointer na točki i tad otvorite prozor Station (iz izbornika View), označena će se točka automatski nalaziti u prozoru na koji je točka usmjerena, isto vrijedi i za prozor Series, View, Code i Explo. Držeći dijaloški prozor točke pokraj nacрта, možete istovremeno pratiti crtanje i podatke. To će vam omogućiti da brzo provjerite podatke koji odgovaraju točkama koje želite provjeriti. Druga je mogućnost povećati (mali okvir za zumiranje u gornjem desnom kutu) mali Info prozor za prikaz mjerenja upisanih u točke.

Upotreba tipki sa strelicama omogućuje vam brzo kretanje nizom serija na nacrtu kao što smo već vidjeli. Strelica udesno za sljedeću točku. Strelica lijevo za prethodnu točku. Strelica prema dolje za skok na sljedeću seriju. Strelica prema gore za prethodnu seriju.

**Find.** Pomoću funkcije Find testiramo povezivanje podataka i elemente tlocrta na ekranu. Koristimo dvije funkcije Pointera (prečac P) i Nađi (prečac F). Pomoću Pointera odabiremo točku iz nacрта, s Findom odmah vizualiziramo čitavu seriju kojoj točka pripada (dio označen dvostrukom linijom). Još jedan brzi način za prikaz različitih serija. Na ekranu se prikazuje prozor Series, odaberite ga željenim gumbom za pomicanje željene serije. Kliknite

na **Series** u prozoru. Na nacrtu se označena serija odmah prikazuje duplom linijom. Ako želite da izbor serije nestane na ekranu, samo ćete povući klizač trake za pomicanje prozora Series na kraju s desne strane i kliknuti *Series*. Tako možete odabrati točku čiji se broj prikazuje na ekranu nacрта pomoću prozora Station. Ovim različitim metodama brzo možemo riješiti složenost nacрта.

**LEVEL.** Naredba Level (dostupna samo ako ste odabrali **Map** u izborniku Screen) omogućuje sivljenje/crnjenje poligona ili zidova (ako ste unijeli širine i visine mjerenja). Na djelomičnom crtežu ispod odabrali smo sive poligone i crne obrise zidova. Mogli bismo napraviti i da poligoni ili zidovi nestanu.

### Izrada i pregled prikaza

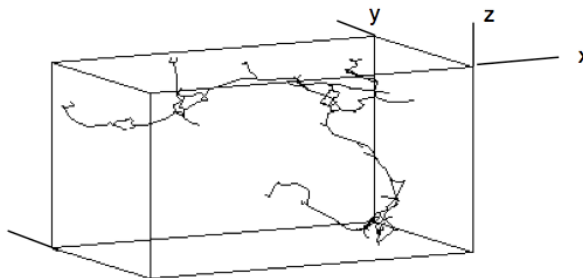
#### Izrada dvodimenzionalnog nacрта i 3D prikaza

Grafički prikaz speleološkog objekta obično se temelji na paralelnoj projekciji modela podzemnih prostora na ravnini. Model je naravno trodimenzionalan, ali modeli šupljina mnogo su teži za izradu nego crteži na dvodimenzionalnom papiru. Iz tog smo razloga općenito zadovoljni reprezentacijom 2D nacрта.

Naredba **Geo3D** dostupna je samo ako ste instalirali ovaj 3-D freeware za manipulaciju 3D objektima (u suprotnom ostaje siva). Mogli smo i predstaviti nacrt pomoću naredbe **Sights** u izborniku Screen, naredba **Walls** omogućila bi crtanje samo zidova, a naredba Sights + wall omogućila je crtanje poligona i zidova.

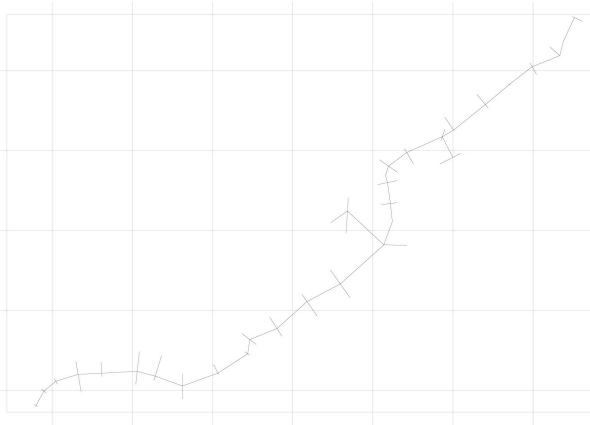
**Linije 3-D** = projekcija na bilo koju ravninu smjera.

Za veliku mrežu kanala pregled tlocrtna projekcije je jedina praksa. Do sad smo opisali rad s projekcijom na horizontalnoj ravnini. Sada ćemo vidjeti projekciju na bilo kojoj ravnini, tj 3-D prikaz. Izbornik 3-D je odabran u izborniku Screen. Pojavit će se prozor koji predlaže zadane vrijednosti za smjer projekcije. Morate razmišljati o tome i unijeti vlastite vrijednosti u polja Azimuta.



#### Crtnje tlocrta i projektiranog presjeka

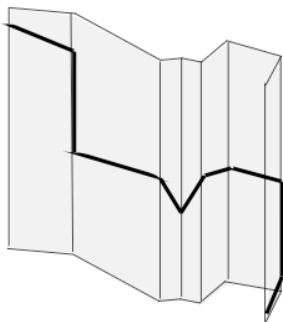
Crtnje tlocrta. Program nudi jednostavni prikazi tlocrta, ali ako želite stvoriti datoteku koja sadrži crtež prikaza pomoću dobrog softvera za vektorsku obradu (Illustrator ili drugog) kako biste dovršili prikaz preciznog nacрта, označite ga i spremite. Morate proći kroz izbornik File - Draw -> Plan. Ali možete i ispisati prikaz da biste ga dovršili ručno. Zatim koristimo naredbu File-Print->. Kontrole su u oba slučaja iste.



Izrada tlocrta. Pojavit će se dijaloški prozor (vidi dolje). Odaberite opcije koje želite s desne strane klikom na njih. Ove su opcije prikazivanje prikaza: jednostavno poligona, zidove, siluete, tj. vanjske konture s uklanjanjem skrivenih dijelova. Ova zadnja opcija zahtijeva određeno vrijeme računanja. Svaka točka, segmenti linija koji pokazuju širinu galerije. Labels omogućuju

ispis broja mjernih točaka na tlocrtu i presjeka. Također možemo nacrtati male križeve koji označavaju kvadrat koordinata. Unesite odabrano mjerilo u polje **Scale**. U Grid ako želimo dodajemo mrežu / rešetke. Ispod označavamo duljinu crteža za križ (ovdje 10 m). Ako za križ označimo 100 m, mreža je kontinuirana.

### Istegnuti profil



Već smo vidjeli da dobivanje razvijenog profila znači otvaranje prizme s vertikalnim generatorima kako bi se u punoj veličini pokazao cijeli put koji je prošao speleolog. Kod izrada razvijenog profila potrebno za svakom djelu definirati smjer razvoja, lijevo ili desno.

### Početak gradnje

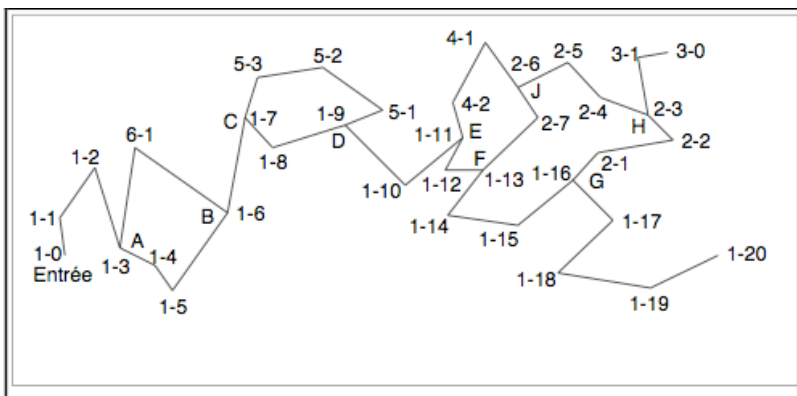
Razvijeni profil je skup raskrižja (čvorovi od najmanje 3 dijela) povezanih kanalima. Način na koji se nastavlja daje nam do znanja da je dio jedne serije. Odjeljak je, dakle, skup točaka koje razdvajaju dva raskršća. Općenito, u razvijenom profilu dopuštamo si uklanjanje dijelova kanala koji kompliciraju pregled i ne doprinose razumljivom prikazu. Osim toga, katkad smo prisiljeni zakretati pola okreta kako bi se bolje uklopio u vizuru ili poboljšalo razumijevanje. LimeLight omogućuje orijentaciju svake serije ulijevo ili udesno (na razini čvorova), ali ne omogućuje to usmjerenje na razini točkaka unutar serije.

Prošireni odjeljak izrađuje se pomoću izbornika File-Draw -> Section. Izbrišemo ili rotiramo određene djelove serija, a zatim se profil sprema u datoteku Style xxxx.s2 koja sadrži sve

Cut	Go	View	Section	Branches	Series
N New o Open O Open ... s Save S Save ... Cancel OK, Create	6 Forward 4 Backward 8 Top 2 Below 9 Series +  7 Series - 3 Section + 1 Section - 0 Section ...	F Center, Zoom in f center zoom out 5 Center Z Zoom in z Zoom out p Pick b Flash/Blink B Blink, auto blink link k Redraw K Reconstruct h Masked gray H Gray cut	m Turn d Hide v Vertical > Left r Right ( Cut Left • Manual-Auto° ) Cut straight U Origin	M Turn D Hide V Vertical L > Left R < Right	μ Turn ∂ Hide √   Vertical → Left @ < Right

parametre. Tada se ova datoteka može pregledavati i mijenjati u uređivaču teksta.

Krenimo s formiranjem razvijenog dijela. Izbornik File-Draw -> Cut pita vas želite li mijenjati stilski dokument. Ako odgovorite ne, postavlja se pitanje želite li izmijeniti dokument Style.



### Na koji je način snimljen nacrt?

Krećemo od ulaza pregledavajući nacrt, prolazimo raskrižjima A, B, C, D, E, F, G, a zatim završavamo prvu seriju na točki 20. Tada, vraćajući se, počinjemo sa točke G

iduću 2. seriju, snimamo i prolazimo raskrižje H, a zatim se spajamo na seriju 1 u točki F ((1/13), ali u labirintu na točki ostavljamo mali komad papira s natpisom: točka F). Zatim se vraćamo na točku H i započinjemo 3. seriju s kraja kanala, vrativši se u točku H. Zatim započinjemo 4. seriju u točki J, koju spajamo s 1. serijom u točki E. Slično 5. serija od D do C i 6. od B do A.

serije	br. tč.	veza poč.	veza kr.
1	21	1-0	1-20
2	9	1-16	1-13
3	3	3-0	2-3
4	4	2-6	1-11
5	5	1-9	1-7
6	3	1-6	1-3

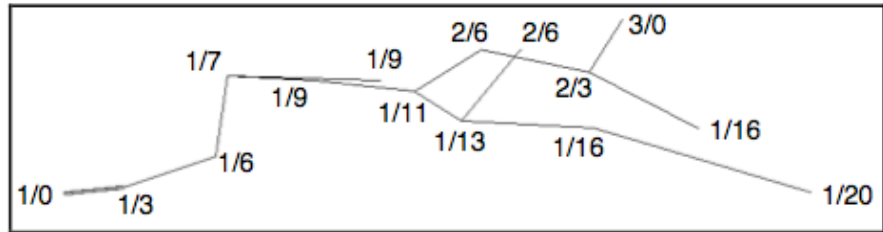
Prije svega, prolazimo nacrtom tlocrta objekta da bismo pomoću **Vue-Pointer** odabrali točku koja će biti korijen reza. Od ove točke dijelovi će se početi otvarati u grane. Kad tražimo da izgradimo odjeljak s naredbom File-Draw-Section, dijagramski odjeljak koji se pojavljuje na zaslonu pokazuje sadržaj koji može reproducirati

čvorove, na njihovim ispravnim visinama, zajedno povezane segmentima linija i odjeljke.

Na primjer, odaberite točku 1/0 i nacrtajte odjeljak. U gornjem lijevom kutu ekrana nalazimo karakteristike prvog odjeljka. Dio je

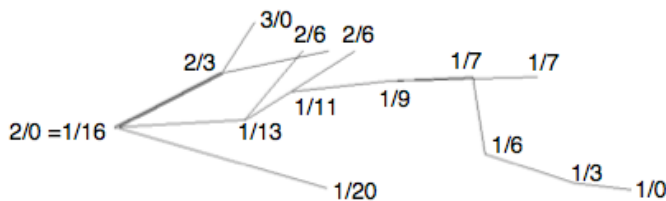
prve serije i započinje s točkom 0, a završava na točki 3. Zatim pronalazimo za točke 1/0 i 1/3 relativne koordinate (u odnosu na izvor koji je 1/0).

1 / 0...3	1/0	0.00	0.00	1/3	17.76	1.90
-----------	-----	------	------	-----	-------	------



Malo je teško snaći se u shematskom odjeljku. No, lako se kretati rezom, jer se na ekranu pri vrhu pojavljuje odabrana točka. Zatim možemo pomoću izbor nika Go prošetati profilom pomoću različitih tipki koje smo vidjeli iznad i koje ćemo detaljno opisati. Prije

2 / 0...3	1/16	0.00	20.01	2/3	33.97	37.51
-----------	------	------	-------	-----	-------	-------



svoga primjećujemo da su numeričke kratice očite. 6 vam omogućuje pomicanje udesno, 4 lijevo itd. Nakon nekoliko pokušaja, vrlo brzo plovimo iz odjeljka u odjeljak. Odabrani je uvijek označen na zaslonu dvostrukom

linijom.

Dakle, na dijagramu na slici, numerička tipka 6 pritisnuta 7 puta uzastopno omogućava dobivanje korak po korak točkama 1/6, 1/7, 1/11, 1/13, 1/16, 1/20. Ako bismo htjeli prijeći na točku 2/6, morali bismo pritisnuti tipke 6, 6, 6, 6, 6, 8. Zatim bismo uzastopno prešli na točke 1/6, 1/9, 1/11, 1/13, 2/6. Morate malo vježbati da biste stekli povjerenje u ove manevre!

### Grananje

Sada je vrijeme za definiranje podružnice. Polazeći od početne točke razvijenog odjeljka, može se prelaziti s odjeljaka na odjeljke. Odjeljak se na ekranu vidi dvostrukom linijom na zaslonu. Ishodište sekcije je točka sa strane ishodišta odjeljka. Grana je skup odsjeka koji se nalazi nasuprot izvoru reza. Podrijetlo podružnice miješa se s podrijetlom dijela koji je definirao podružnicu. Dakle, na slici 3-9, ako kliknemo na odjeljak (1/1 12/6), pridružena grana je skup od 4 odjeljka (1/11 2/6) + (2/6 2/3) + (2/3 1/16) + (2/3 3/0). To je vrlo lako testirati rotiranjem grane odabrane njezinim odjeljkom. Ako ga drugi put zakrenete, rotacija se poništava.

## Izgradnja reza

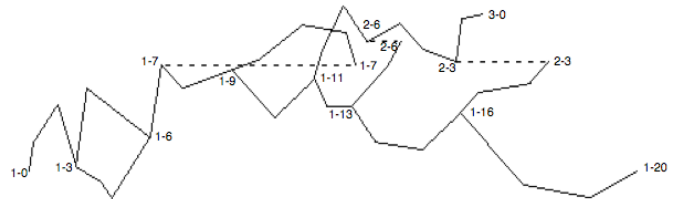
Naredbe Rotate, Sakrij. Izgradnja sekcije sastoji se od što boljeg usmjeravanja različitih sekcija i zadržavanja samo najvažnijih odjeljaka za jasnoću cjeline. Za to imamo dvije naredbe Turn and Hide koje nalazimo u tri izbornika: odsjeka, grana i serije. Rotacija u jednom dijelu ograničena je na okretanje presjeka, a sljedeći odjeljci ostaju nepromijenjeni. Okretanje grane je poput okretanja cijele grane, isto vrijedi za seriju. Srećom je akcija uvijek reverzibilna jer je dovoljno da drugi put izvršite nalog da biste prvu otkazali.

Umjesto naredbe Rotate, možete upotrijebiti jednu od naredbi vrste > Lijevo koja označava da odjeljak počinje s lijeve strane (na lijevoj strani ekrana).

## Cut

Da biste odrezali granu, odaberite u odjeljku Cut ravno odjeljku, što znači da uklanjate granu povezanu s odjeljkom, ali samo s desne točke dijela (desno na zaslonu). Na isti način "Izreži lijevo" znači da uklanjamo granu povezanu s odjeljkom iz krajnje lijeve točke presjeka.

Ako odjeljak pobjegne sa zaslona kao rezultat različitih operacija, jednostavno napravite Pregled u izborniku View da biste ga prikazali u cjelini.



Datoteka za spremanje i stil

Nakon što je odjeljak izgrađen, spremamo dokument stila izbornikom Cut-Save .... Taj dokument pohranjujemo u željenu mapu pod željenim imenom (moramo promijeniti zadano uneseno ime).

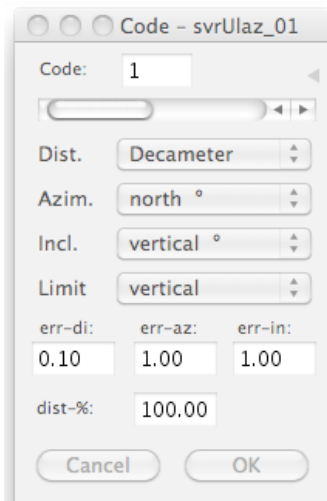
Zatim odaberite OK, Create u izborniku Cut. Pojavit će se dijaloški prozor (vidi dolje). Odaberemo željene opcije. Konkretno morate odabrati opciju Sights, a ne dijagram ako želite dobiti detaljan odjeljak.

## Greške

Svaki nacrt speleološkog objekta podliježe netočnosti svojstvenoj nesavršenosti metode mjerenja i instrumenata izmjere. Nepreciznost može utjecati na vrijednost i krajnji rezultat nacrtu špilja. Stoga bilježimo procijenjenu točnost s kojom je određena udaljenost, udaljenost i azimut (1-3 u okviru Series za svaku seriju). Pod pretpostavkom da su korišteni kalibrirani geodetski instrumenti i da su izbjegnute pogreške, preciznost skale izravno određuje veličinu pogreške u istraživanju.

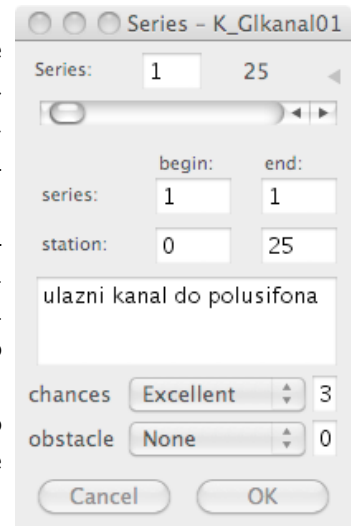
Iz procijenjenih pogrešaka mjerenja računalo izračunava granice pogreške za koordinate mjernih točaka. Suptilna, ali vrlo važna, sposobnost TOPOROBOT-a je da optimalno raspoređuje statističke pogreške u petlji mreže špilje. Raspodjela pogrešaka u ovom je slučaju nužna, jer se u protivnom neće dogoditi zatvaranje petlje zbog netočnosti određenih mjerenja. TOPOROBOT uravnotežuje podatke mjerenja za špiljski sustav u cjelini. Grubo govoreći, sva mjerenja petlje uzimaju se u prosjek, uzimajući u obzir njihovu preciznost istraživanja. Matematički izraženo: tijekom postupka raspodjele pogrešaka, podaci mjernih vlakova se mjenjaju tako da se stvaraju zatvorene petlje, a zbroj kvadrata ispravka, generirani procijenjenom točnošću mjerenja, se minimizira.

Radi se o matematičkoj tehnici, koju su izvorno razvili geodeti, a obično se naziva "najmanje zatvaranje petlje kvadrata". Tijekom pozicioniranja mjerne točke u kanalu i mjerenja pronađite najbolje prikladne položaje, na taj ćete način smanjiti mogućnost grube pogreške.



Teške pogreške mjerenja izrazito utječu na distribuciju i mogu iskriviti cijelu mrežu. Grube pogreške mogu pomoći suziti uzroke netočnosti (Ali to samo pomaže da ih suzite :) Računalo uspoređuje raspodijeljenu (zapravo prisutnu) pogrešku s očekivanom pogreškom za sve petlje. Stoga se segmenti prolaza koji vjerojatno sadrže pogreške mogu lokalizirati. Pogreške se lako ispravlja unosom ispravljene vrijednosti. Crtač tada dobiva najvjerojatnije koordinate preko preračunane distribucije i čini najbolje u istraživanju.

Ako galerija tvori petlju ili su dvije galerije međusobno povezane, zatvaranjem se pojavljuju problemi s "zatvaranjem". Položaj prve točke petlje mora biti identičan položaju posljednje točke. Ako je točnost mjerenja bila vrlo visoka, zatvaranje bi bilo savršeno, ali i najmanja pogreška mjerenja, nepreciznost uređaja ili metode znači da uvijek postoji odstupanje između zatvaranja. Crtač može rasporediti odstupanje što je moguće bolje u svim

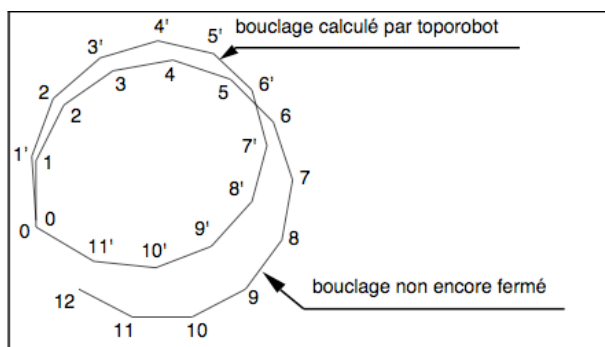


točkama, a ako je ono preveliko, ponovite mjerenje. Ove petlje su jedina moguća kontrola točnosti nacрта.

#### Slika rasporeda greške

Primjer topografije petlje (na krugu) koja sadrži točke od 0 do 12 (točka 12 je jednaka 0) koju je LimeLight preračunao da bi se osiguralo zatvaranje.

LimeLight automatski izračunava korekciju koju treba izvršiti u položaju svake točke tako da je zbroj kvadrata odstupanja udaljenosti od prethodnog položaja minimalan (metoda najmanje kvadrata). U stvarnosti, pomak je proporcionalan vjerojatnosti greške prikazanoj u prozoru Code. Provjerava jesu li odstupanja kompatibilna s preciznošću mjerenja.



#### Spremanje i razmjena datoteka

Datoteka koja sadrži podatke mjerenja mora se izvesti radi arhiviranja. Podatkovna datoteka može se izvesti u tekstualnu datoteku koja se može čitati u bilo kojem uređivaču teksta. Ovdje se koristi MPW (Macintosh programmer workshop) koji ima prednost što može raditi na vrlo velikim dokumentima. Prilikom čitanja sa softverom poput Word-a ne zaboravite odabrati font fiksne širine znakova (kao što je Monaco 9 pt) kako biste dobili podatke pohranjene kao u vašoj tablici. Tekstualna datoteka može se mijenjati samo pomoću softvera MPW-Shell. Izvezen dokument sadrži sve podatke iz dokumenta LimeLight. Služit će kao arhivski dokument koji se može bez problema čitati i prenositi. Taj će se dokument nazvati arhivskom datotekom.

#### Format arhiviranja

Format arhiviranja je Tekstualna datoteka, nazvana XXX.tekst (XXX je naziv mreže). Unesite samo nekoliko slova u naziv mreže bez posebnih znakova, a sve to radi lakšeg čitanja u sustavima koji nisu Mac OS.<sup>6</sup>

#### Suradnja

Zajednička računalna obrada preporučuje se posebno kada nekoliko klubova istražuje u istom području. Pojedine strane neprestano dobivaju pregled stanja istraživanja i mogu bolje koordinirati napore. U Švicarskoj je istraženo više speleoloških sustava koji su kompleksnošću slične sustavu Crnopac. Do pojave TR, česta su bila nadmetanja različitih speleoloških organizacija tijekom istraživanja. Zbog kompleksnosti objekata dešavale su se greške



zbog kojih bi cijeli nacrti morali biti ponavljani. Uglavnom velika zbrka. Među podacima koji su izlazili iz speleološkog objekta bilo je teško čitljivih materijala, izmišljenih, "nategnutih" podataka. Tehnika je stekla mnoge sljedbenike, u Švicarskoj i inozemstvu. Pravila metodologije su široko prihvaćena. Aktivniji klubovi su odmah uočili prednost u mjerenju i često koriste "automatsku obradu podataka". Program i metodologija je rivale pretvorila u partnere<sup>7</sup>.

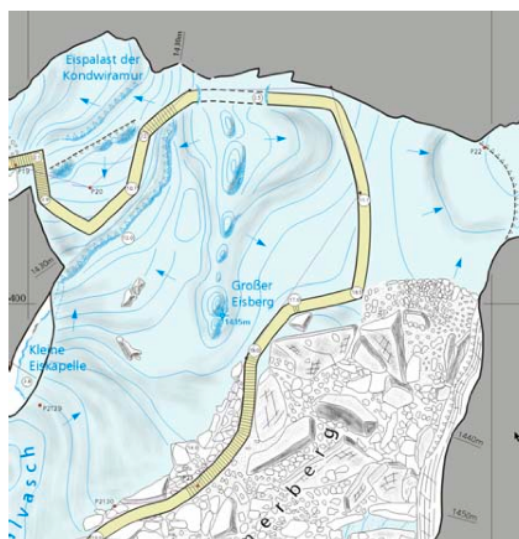
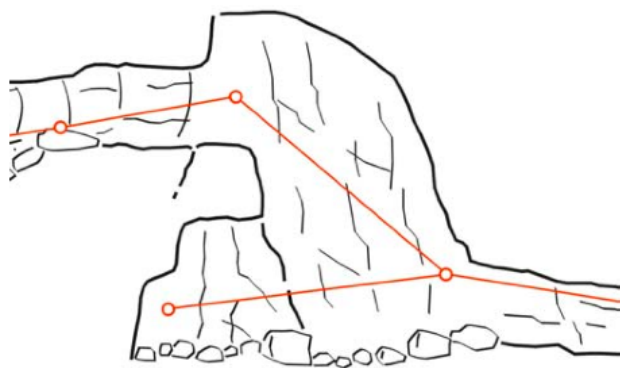
TR se pokazao korisnim za obradu brojnih velikih i malih špilja (Mammoth Cave, Hoelloch, Schwyzerschacht, Faustloch Siebenhengste-Hohgant). Računalo može spasiti crtača od većine nepopularnog rada za stolom i pomaže mu u izradi topografskog nacрта.

## Speleografija

### export u vektor

Nekoliko testnih špilja i cijela Dachstenska špilja uspješno su vektorizirane pomoću CorelCAVE. Makro-značajke su primarno dizajnirane da zadovolji specifične potrebe prezentacije alpske Dachstein ledene špilje. Odlučili su svoje eksperimentalne prototipove temeljiti uglavnom na CorelDRAW-u zbog jednostavnosti upotrebe, umjerene cijene, bogatog kompleta svojstva i jednostavne mogućnosti pisanja i VBA-integracije. Potencijalna alternativa bi bila Adobe Illustrator. Čini se da softver za grafički dizajn dozvoljava više umjetničke slobode crtaču nego više tehnički orijentirani CAD-sustavi. Pero osjetljivo na pritisak za tablete i digitalni airbrush simuliraju prirodno iskustvo skiciranja. Tako je moguće izraditi detalje koji naglašavaju rubove blokova i detalje profila.

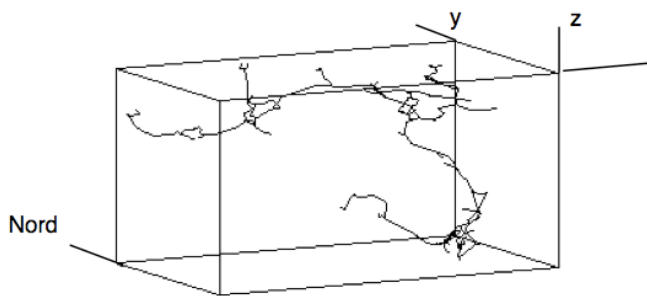
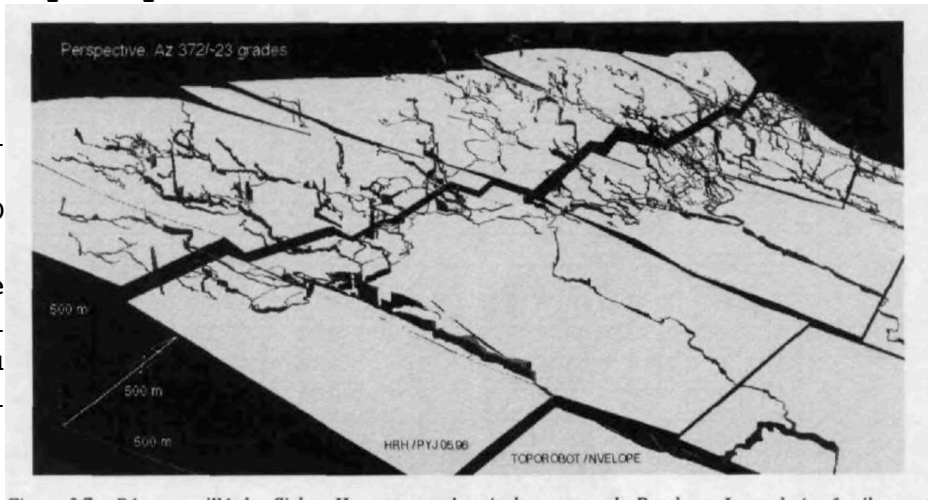
Koristimo kaligrafske efekte linija za crtanje struktura stijena u profilu kako bi izgled bio što prirodniji i realniji. No za tehnički nastrojene ponudili su CAD fur Hohlen, koji automatizira vektorizaciju nacрта pomoću CAD alata.



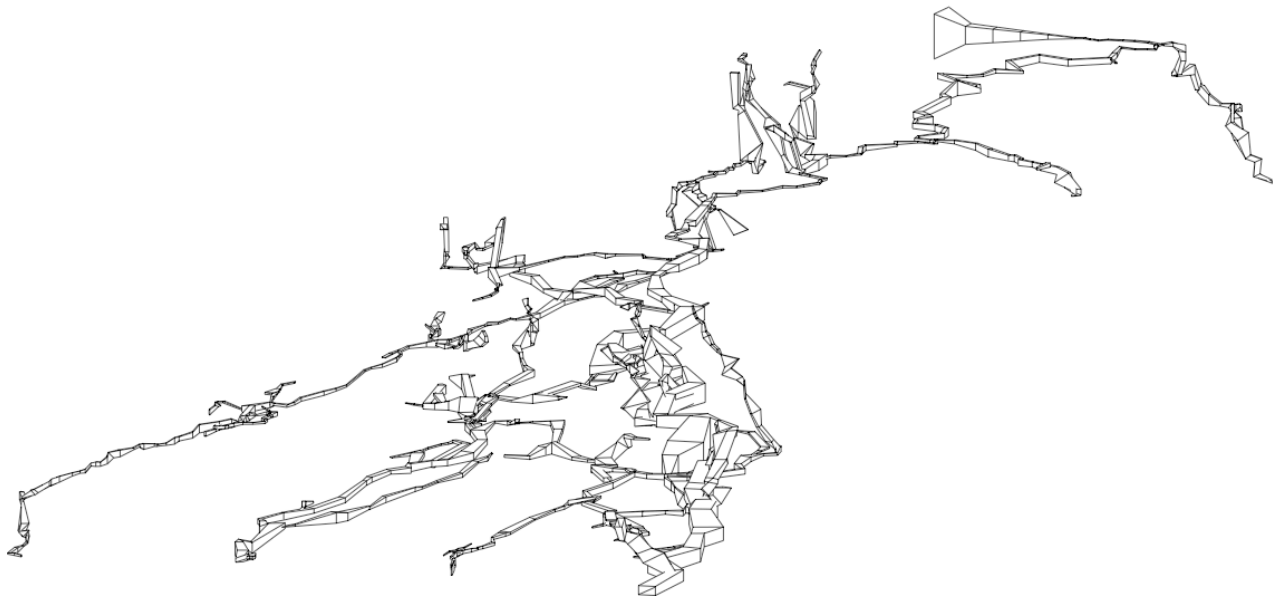
Kako bi nam omogućio da dovršimo nacrt Limelight izvozi za različite komercijalne sustave: adobe Illustrator, Freehand 3.1, Illustrator 88, Canvas 3.05, SVG, DXF, PICT, ClarisWorks, Claris CAD, Mac Draw, Mac Draw Pro, papir.

### 3D vizualizacije i export podataka

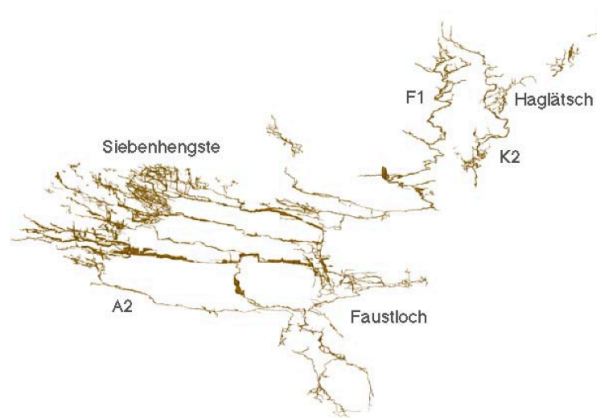
Zbog trodimenzionalne prirode krškog i špiljskog prostora, 3D prezentacije uvijek su bile popularne. Prvi nacrti špilja mogu se čak smatrati perspektivnim prikazima (npr. Perspektivni pogled iz Taubenlocha 1747.).



S razvojem računalnih sustava početkom sedamdesetih godina, zajedno s njihovom sposobnošću brzog izračuna perspektivnih projekcija, postalo je moguće promatrati špiljske sustave iz različitih kuteva. TR je započeo 1972. jednostavnim trodimenzionalnim vizualizacijama poprečnih



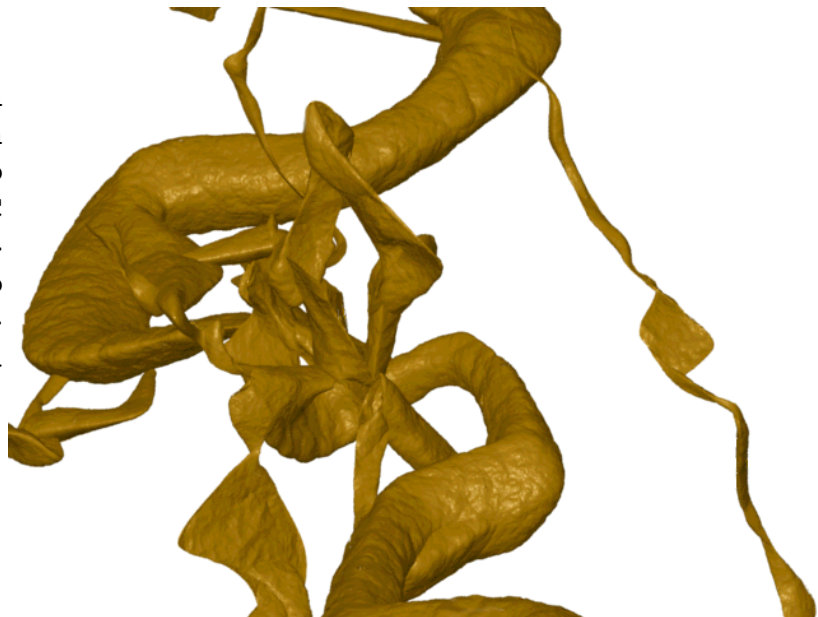
linija, moguće ih je obojiti i grupirati. Od 1978. godine je u mogućnosti proizvesti vektorske vizualizacije s pravokutnim presjecima i uklanjanjem skrivenih linija. Ovo je bilo posebno zanimljivo, jer su prvi dostupni izlazni uređaji bili temeljeni na vektorima. 1981. godine postignut je prvi zasjenjeni 3D prikaz špiljskih sustava (ilustracija dolje), koji je potkraj osamdesetih doveo do visokokvalitetnih „Rendermanovih zasjenjivanja“ (na slj. strani). Ovo je omogućilo špiljarima i geolozima da grade, provjere i pročiste modele geološke situacije.

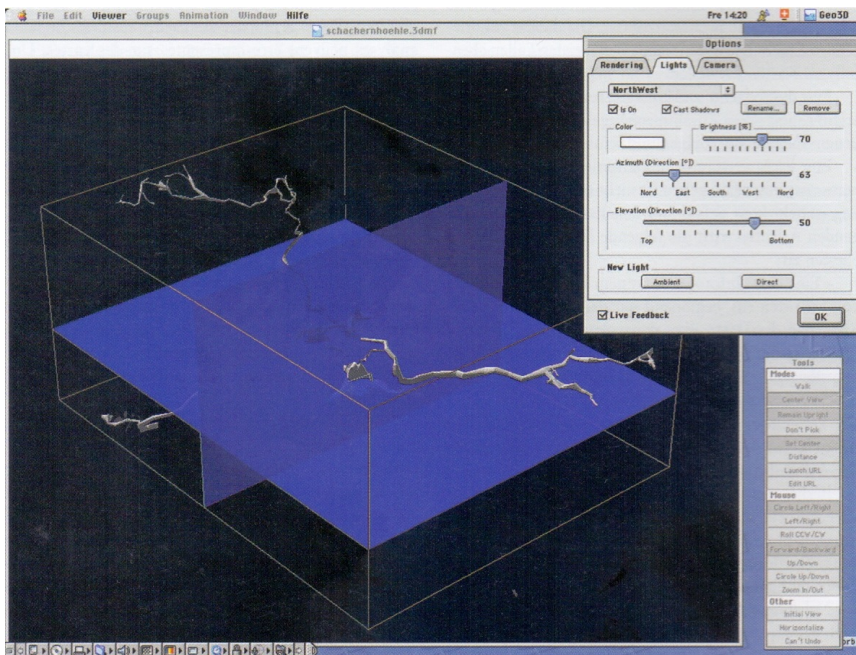


Danas, koristeći animacije i trend prema vizualizaciji u stvarnom vremenu, temeljenom na QuickDraw3D i OpenGL-u, špiljari mogu praktički pregledavati špilje, otkriti potencijalne nastavke ili veze i pokušati razumjeti složenu strukturu velikih

špiljskih sustava. Program izvozi u najpopularnije formate 3D grafike kao što su Renderman, QuickDraw3D, VRML, OpenInventor, DXF i Povray, omogućujući tako upotrebu popularnih open-source i komercijalnih alata za 3D modeliranje i vizualizaciju. Za izvoz špiljskih kanala koriste se trokutaste mrežice i indeksirana lica. Alati za prikaz u stvarnom vremenu koji se temelje na

QuickDraw3D i VRML omogućuju upotrebu interaktivnih tehnika poput biranja, različitih prolaza, letenja i ispitivanja navigacijskih načina, hiperveza, multimedijске integracije, senzora itd. Za Macintosh trenutno preporučujemo spomenuti "Geo3D", za PC i Unix OpenInventor-Viewer ili nekoliko dostupnih VRML-preglednika poput Cortona, VRMLView, Polyworks, Blaxxun, Cosmo-Player itd., ovisno o potrebnoj interaktivnosti.



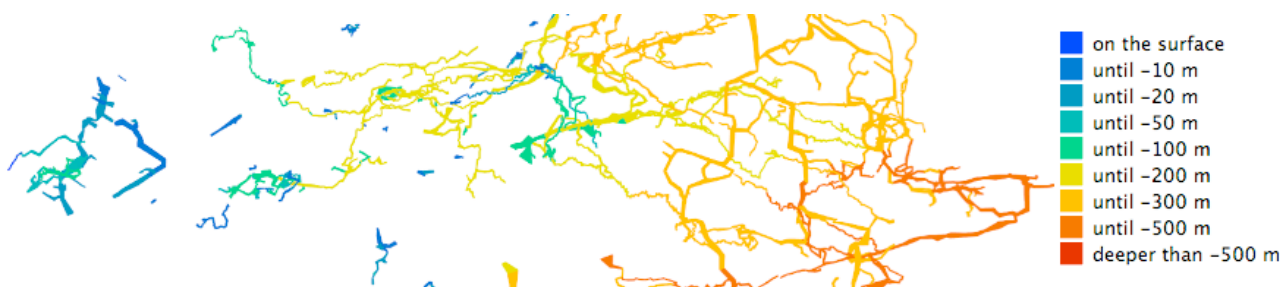


8

## GIS



Koje su prednosti korištenja GIS-a? Različite, neovisne, prostorne informacije mogu se međusobno povezati. To rezultira kartama, nacrtima ili čak 3D prikazima. Osim toga, mnogi geografski informacijski sustavi nude i opcije analize. Prostorne ili činjenične informacije mogu se analizirati s obzirom na njihov sadržaj ili kontekst. Dobiveni rezultati mogu se u većini slučajeva prikazati i kao karte. Dobro promišljeno i dosljedno modeliranje podataka omogućava prikazivanje i strukturiranje apstraktnih veza između različitih tema. Geografski informacijski sustav (GIS) također može pružiti okvir za znanstvenu (hidrološku, morfološku, geološku, itd.) analizu podataka speleoloških istraživanja. Aplikacija QGIS sadrži plug-in za korištenje podacima iz TRa. Cilj ovog dodatka je da uveze datoteke u GIS. Špiljski kanali se tada mogu povezati s kartom terena ili geološkim podacima. Zajedno s geografskim podacima bilježe se i neki podaci poput imena špilje, kanala, broja točaka i datuma istraživanja. Ako je dostupan digitalni model reljefa, izračunava se dubina svake točke u špilji. Rezultat, nakon što dodijelite npr. boje ovisno o dubini, može izgledati na sljedeći način.<sup>9</sup>



Veza između TRa i Arc-GISa (ESRI Geoinformatic) moguća je pomoću Microsofta ACCESSa. Podaci nacрта uređuju se i obrađuju pomoću TR-a, a konačno izračunate koordinate učitavaju se u bazu podataka<sup>10</sup>.



Veza između baze podataka i GIS sustava odvija se pomoću ODBC sučelja. Obrasci definirani u bazi podataka Access mogu se izravno koristiti u ArcView. To se postiže modulom SIGLink 3.1 za ArcView iz MeteoTesta. S tim je elementima na raspolaganju radno

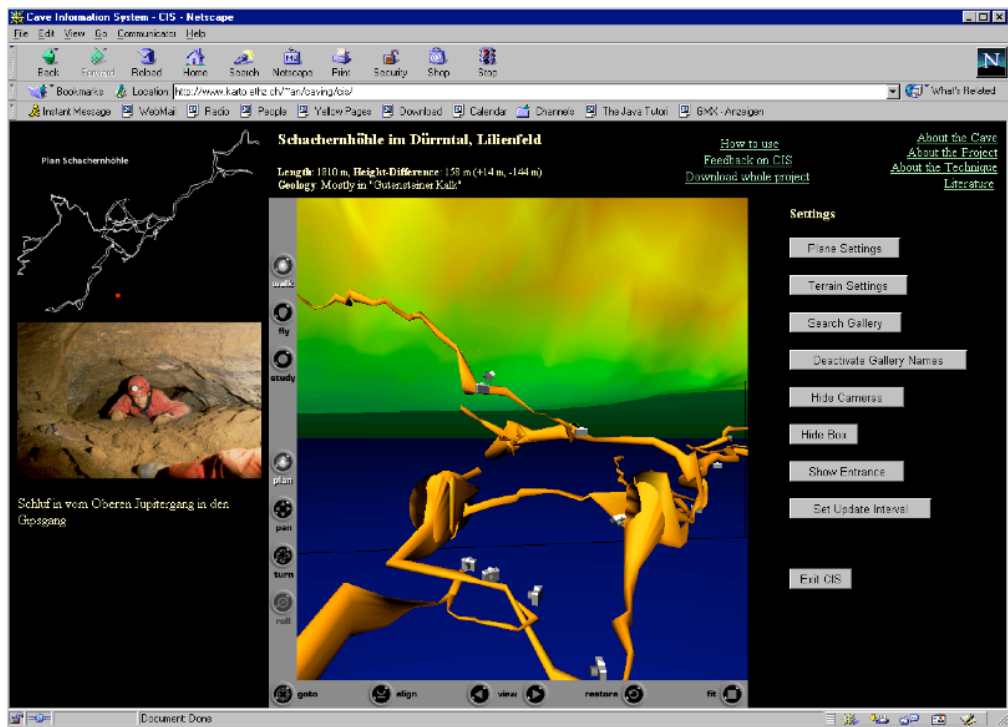
okruženje koje omogućava unošenje, upravljanje, analizu i prezentiranje podataka.

### Projekt CIS (Cave information system)

Projekt je trajao 01.01.1999. - 31.12.2006 i imao je dva glavna fokusa: razviti biblioteke simbola, smjernice i makronaredbe kako bi se olakšalo učinkovito crtanje nacрта u popularnom grafičkom softveru, razvoj internetskih informativnih sustava špilja (CIS) za integraciju podataka iz istraživanja, 3d vizualizacije, nacрте, fotografije i teksta koji omogućuju razmjenu informacija o speleološkom istraživanju putem interneta.<sup>11</sup>

Izrada digitaliziranih nacрта ne samo da osigurava reprodukciju bez gubitka kvalitete, već otvara i nove mogućnosti za jednostavnu izradu tematskih karata i integraciju u interaktivne informacijske sustave.

Web, s mogućnostima predstavljanja interaktivnih i multimedijalnih informacija po niskoj cijeni, pruža idealnu platformu za distribuciju podataka špilja u integriranom informacijskom sustavu špilje. Takav se sustav temelji na otvorenim standardima (VRML / X3D

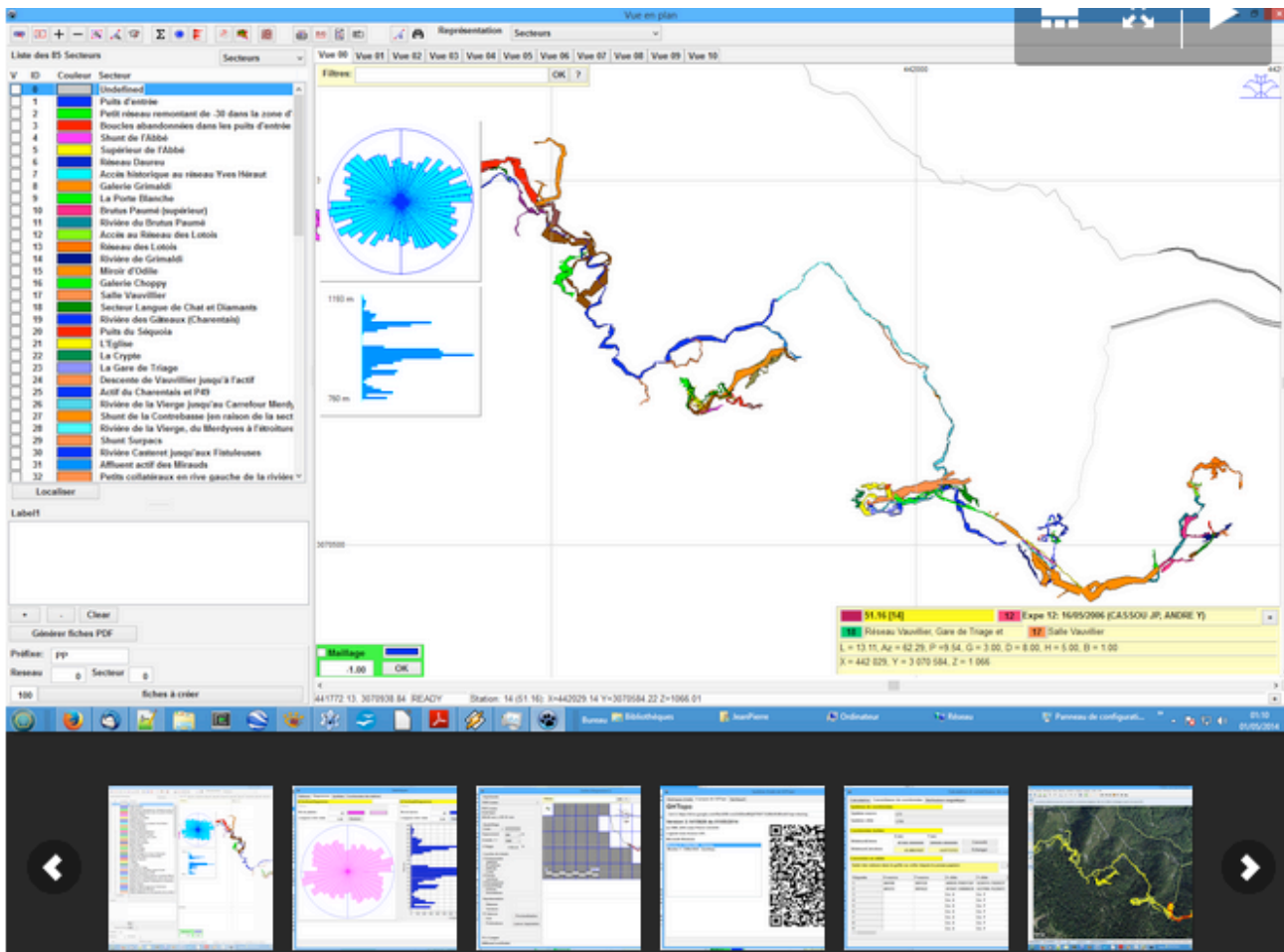


(3d), SVG (2d), XML / XHTML (tekst i dodatni podaci)) i trebao bi se pokrenuti u bilo kojem popularnom web browseru koji je opremljen potrebnim dodacima. Eksperimenti s novim i obećavajućim X3D standardom otkrili su da još uvijek postoje velika ograničenja u pogledu integracije X3D dodataka i performansi rendera u pregledniku. Stoga se i dalje oslanjaju na VRML kao glavni format za vizualizaciju 3D modela špilje. Zbog upotrebe dodataka trenutni prototip je pokretan samo u programu Internet Explorer na platformi MS Windows.

### **Kralj je mrtav živio kralj!**

Softver se ne razvija od 2006. godine, (verzija 9.2.7) te radi samo na Mac Classic i MacOSX do verzije 10.5.5 djelomično na 10.6.9.

Francuski programer i speleolog Jean Pierre Cassou od 1990ih razvija program HADES -2000, preimenovan 2003. god. u GHTopo, GHCaveDraw i GHTyro. GHTopo je program baziran na konceptu metodologije Toporobota, a nudi link na stari Toporobotov tutorial. Sam autor navodi da se radi o open source verziji koncepta Toporobot, koja radi na Win i Linux operativnim sustavima. Kompatibilan je s Visual topo, Abris (Android), DistoX tj. paperless caving survey metodom. Kako se razvija od 2003. godine, ima niz zanimljivih opcija koje su logičan slijed evolucije topo programa. Niže su navedene neke od njih. Uz to nudi GHCaveDraw implementaciju specijaliziranu za vektorsku obradu nacрта. GHTyro izračunava snagu i geometriju konopca (ili kabela) za prečnice / zipline pomoću metode lanca geodeta.<sup>12</sup> GHTopo možemo smatrati evolucijskim slijednikom Toporobota koji sada napokon radi na mainstream operativnom sustavu i hardwearu.



- Potpuna podrška formata TOPOROBOT Tab
- Vrlo moćan sustav filtra (MetaFilter)
- Dodatni odjeljci: Mreže i sektori
- 2D i 3D preglednici
- Izvoz u [Visual Topo](#) i [Therion](#)
- Generiranje KML, CartoExplorer i OpenStreetMap datoteka. Siluete s jednim poligonom po seriji
- Detaljna statistika
- Generiranje SVG datoteka
- Generiranje oznaka polja sa ili bez QR koda
- Integrirani kalkulator i koordinatni pretvarač
- Generiranje [poligona za](#) softver topografskog crtanja [GHCaveDraw](#)
- Pretvorba koordinata prema EPSG zapisu
- Izračun magnetskih varijacija (WMM model)
- U proračunu nacrt, korak identificiranja grana, prethodno prilično spor, postao je trenutani.
- Izvoz i uvoz u format teksta TOPOROBOT
- Ispravljanje greške u popisu grana (filtriranje za brisanje grana nulte dužine)
- Djelomična podrška za DistoX: samo oporavak topo podataka
- Izračun parametara kalibracije DistoX
- Dodavanje generatora QR Codes u alat Kalkulator
- Čitanje PocketTopo tekstualnih datoteka
- Razvijeni uređivač profila
- OK rad na Raspberry Pi, s određenim ograničenjima.

## Zaključak

Topografsko snimanje špilja je izazovan zadatak i bitan faktor spaleoloških istraživanja.

Upotreba računala osim što ubrzava proces izrade detaljnog 2D nacrtu i prikazom složenih 3D struktura podzemnih kanala, nudi mogućnosti manipulacije, statistika i daljnih obrada u različitim specijaliziranim 2D, 3D, geografskim i ostalim softverima.

TopoRobot pruža specifičnu metodologiju topografskog snimanja, softver i sistem arhiviranja. Postojala je intencija za izradu Speleološkog informativnog sustava, svojevrsne internet baze podataka koja je pokušala izraditi interaktivni web sadržaj kojemu bi glavna svrha bila koordinacija speleologa u istraživanju specifičnih švicarskih ogromnih sustava. Njegovo glavno ograničenje bila je vezanost uz Mac operativni sustav. Iako od 2006. nije unapređivan, njegov format još predstavlja standard među programima za obradu podataka topografskog snimanja.

2003. godine je u Francuskoj predstavljen GHTopo open source program pisan za Windows i Linux baziran na temeljima i metodologiji Toporobot. Na neki način Toporobot je nastavio svoj metodološki put te se nakon 50 godina od njegovih početaka može i dalje koristiti u modernoj topografskoj obradi speleoloških objekata.

### Literatura:

<sup>1</sup> B.Lismonde, Manuele d'Utilisation de Toporobot, v2. Toporobot user group, str 1-76., Lodeve, 1998. Fr

<sup>2</sup> [http://www.mountaincartography.org/publications/papers/ica\\_cmc\\_sessions/2\\_Beijing\\_Session\\_Mountain\\_Carto/4\\_Beijing\\_Heller\\_Neumann.pdf](http://www.mountaincartography.org/publications/papers/ica_cmc_sessions/2_Beijing_Session_Mountain_Carto/4_Beijing_Heller_Neumann.pdf)

<sup>3</sup> M.Heller, Methode Toporobot, Stalactite (La Chaux-de-Fonds) 33 (1), 9-27 (1983)

<sup>5</sup> [https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads\\_nastava/20181010\\_130334\\_kos\\_2\\_Terestricka\\_navigacija\\_Magnetizam.pptx](https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20181010_130334_kos_2_Terestricka_navigacija_Magnetizam.pptx),

<sup>6</sup> Heller, Martin, "Toporobot - Höhlenkartographie mit Hilfe des Computers", in: Reflektor, Vol. 1, 14 pages, Basel, 1980.

<sup>7</sup> Claudia Wehner Naff, Interview: Toporobot special, Inside Earth, Nr. 1.-4/00. Nov.2000., str4-9, Basel, CHŽ

<sup>8</sup> Yvo Weidmann, GIS/SIG Ein kleiner Ein-und Ausblick Une breve introduction, Stalacitite, br 53, str.17., 2.2003.

<sup>9</sup> <https://github.com/florianhof/ToporobotImporter/wiki>



<sup>10</sup> Yvo Weidmann, Zusammenarbeit zwischen einer Datenbank und einem GIS-System, Stalacitite, br 53, 2.2003.

<sup>11</sup> <https://karto.ethz.ch/en/research/completed-projects/development-of-3d-cave-information-systems-and-cavemapping-tools.html>

<sup>12</sup> <https://ghtopo.blog4ever.com>