

u vodi do vrata, uz vrlo malu mogućnost zamaha čekićem), zamijenjeno je s 2 kg eksploziva Vitezit — 5a. Detonirajući štapin učvršćen je i provučen između siga uz samu vodu. Eksploziv je prenesen kroz vodu u najlonskim vrećicama, dok su inicijalne patrone (izrađene od polovine jedne patrone i detonirajućeg štapina) prenesene u njedrima ispod nepromočivog odjela. Na mjestu miniranja postavljena su dva odijeljena punjenja prekrivena blatom i povezana detonirajućim štapinom za glavni detonirajući vod. Paljenje štapina dužine cca 40 m vršeno je uz pomoć električnog detonatora i stroja za paljenje s udaljenosti od 50 m. Aktiviranje eksploziva izvršeno je u 18 sati. Cirkulacija zraka bila je suprotna smjeru povlačenja prema izlazu.

Rezultat miniranja: otkriveno je 600 m novih pečinskih kanala, od kojih nisu ispitani svi bočni odvojeci. Istraživanja se nastavljaju. Uz ovo miniranje potrebno je napomenuti da se u ovako vlažnim uvjetima koristi inače eksploziv s oznakom V, ali ga nismo imali. Koristan rezultat dobiven je i s klasičnim eksplozivom uz potrebnu pažnju pri transportu kroz vodu.

**Zaključak.** Prema do sada izvedenim miniranjima u našim speleološkim objektima moguće je donijeti slijedeće zaključke:

— miniranje treba izvoditi samo na onim mjestima gdje je to moguće zbog povoljnih geoloških, morfoloških i meteoroloških uvjeta,

— paljenje sporigorećeg štapina moguće je primjenjivati jedino na površini ili blizu izlaza, — potrebnu udaljenost od detonirajućeg štapina i mjesta paljenja treba poštivati kao pri uvjetima aktiviranja samog eksploziva,

— detonirajući štapin ne smije prelaziti preko ljestava, užeta, klinova ili drugih dijelova speleološke opreme (temperatura eksplozije štapina je 4.700°C),

— miniranje treba vršiti u toku popodneva ili navečer, a ponovni obilazak miniranog mjesta izvršiti tek drugi dan ili tek nakon nekoliko dana, što zavisi o jačini cirkulacije zraka u objektu.

Author's Abstract  
UNDERMINING IN SPELEOLOGICAL  
OBJECTS

by Srećko Božičević

During speleological explorations we happen to come to a strait where we can see a continuation behind it. The hard work of enlarging the strait can be easily replaced by undermining, if properly done.

The author describes methods of undermining by means of the Vitezit group 5 explosive, detonative fuse, and other devices used to carry out such undermining works.

Besides advices and warning, examples of successful undermining are given, concerning Tučić hollow and Jelar near Gračac in Lika, the Tunnel of Učka in Istria, and a passage in Veternica Cave near Zagreb.

The most successful undermining proves to be the one carried out in Veternica Cave, where a new channel over 600 meters long has been discovered due to undermining.

## Iskopavanje spilja i osobitosti koje susrećemo

### DARKO RUKAVINA

Dugogodišnjim istraživanjem spilja opaženo je da gotovo sve sadrže, više ili manje, spiljskih sedimenata koji su uglavnom nastali kao produkt kemijske i mehaničke rastrožbe matične stijene, što je opet, većim dijelom rezultat klimatskih promjena za vrijeme pleistocena, kada je Zemlja nekoliko puta bila zahvaćena ledenim dobima. Ti sedimenti su konzervirali mnoge dokaze o promjenama koje su se odigravale na Zemlji, te su predmet zanimanja brojnih geologa, paleontologa, arheologa, paleoklimatologa, antropologa i sl., radi sagledavanja svih činilaca koji su doveli do stvaranja slike današnjeg svijeta.

Pripadnici Zavoda za paleontologiju i geologiju kvartara Istraživačkog centra Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu već dvadesetak godina iskopavaju sedimente

u spiljama našeg krša. Predmet tih istraživanja su, uglavnom, sedimenti istaloženi u posljednjih stotinjak tisuća godina, kada su se dogodile značajne promjene, kako u evoluciji živog svijeta, tako i u razvoju krajolika na kakvom danas živimo.

Istraživanjem spiljskih sedimenata utvrđene su brojne zakonitosti koje možemo više ili manje uspješno pratiti u svim spiljama. Ukratko, te zakonitosti se manifestiraju u generalnom tipu sedimenta, makroskopskim i mikroskopskim obilježjima sedimenata, kao i u paleontološkom i arheološkom sadržaju.

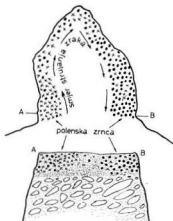
U stručnoj literaturi vrlo su dobro razrađene metode iskopavanja spiljskih sedimenata, koje mogu dati maksimum informacija koje tražimo. Uglavnom je najprihvatljivija tzv.



Sl. 1. Iskopavanje u spilji Vindiji 1978. godine  
Foto: Branko Jalžić

»francuska metoda«: horizontalno skidanje sedimenta, centimetar po centimetar, kako bi se dobili horizontalni presjeci i točan raspored svih nalaza i kamenih blokova da se utvrde sve pojave nastale u određenoj vremenskoj sekvenci. Na površinski većim prostorima koristi se tzv. »šah-blok metoda«, gdje se samo određeni kvadrati obrađuju na »francuski način«, da bi se dobili reprezentativni uzorci koje onda možemo primjenjivati i za ostale dijelove (sl. 1).

Cilj mi je ovdje ukazati na neke pojave i osobitosti koje bi mogle dovesti istraživača u zabludu i stvoriti prividnu zbrku, kako prilikom samog rada na spiljskim sedimentima, tako i u zaključivanju. Prateći osnovne karakteristike različitih sedimenta u spiljama unutar jednog sedimentnog kompleksa, relativno laganom možemo zaključivati o općim uvjetima za vrijeme nastajanja sedimenta. No, osobitosti na koje možemo naići prilikom iskopavanja, otežavaju donošenje brzih i točnih zaključaka, naročito za vrijeme samih radova, kada je itekako važno sakupiti što više podataka i



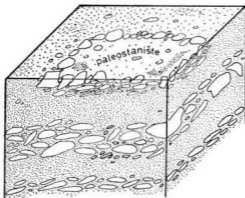
Sl. 1.

obratiti pažnju na pojave koje mogu dovesti do rješavanja i sagledavanja mnogih nepoznanica što ih pokušavamo rješavati.

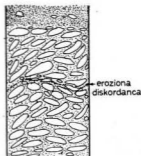
Pojedine geološke pojave mogu otežati pravilno zaključivanje i zamaskirati stvarno stanje. Uzmimo za primjer spilju Vindiju kod Donje Voće u Hrvatskom zagorju i izrazite krioturbacijske pojave u sedimentima (sl. 2). Krioturbacije se javljaju kao rezultat izmjeničnog zamrzavanja i odmrzavanja sedimenta kroz dulje vremensko razdoblje, kada zbog nejednolikog viskoziteta, plastičnosti i dinamike tla dolazi do bubrenja, tečenja, uklinjanja i miješanja sedimenta. Ti oblici tada otežavaju donošenje zaključaka, jer su i paleontološki i arheološki nalazi prividno bez reda razmješteni u slojevima. U tom slučaju se moraju otvoriti i brojni vertikalni profili kako bi se dobio generalni slijed sedimenta, što opet možemo uočiti samo u neporemećenim dijelovima spilje. Znamo, naime, da se u različitim dijelovima spilje može vršiti i različita sedimentacija, čemu je u prvom redu uzrok različita konfiguracija spilje i mikroklimatski uvjeti u spi-



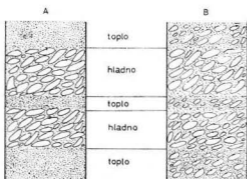
Sl. 2. Krioturbacijom poremećeni slojevi u spilji Vindiji  
Foto: Branko Jalžić



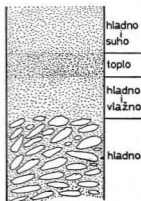
Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

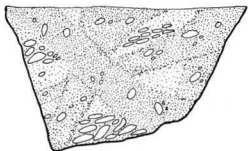


Sl. 7.

lji (količina vode, strujanje zraka i sl.). Nesumnjivo je da će vlažniji dijelovi u procesu sedimentacije ili diageneze pokazivati drugačije karakteristike od suhih. Isto tako i strujanje zraka može prividno stvoriti nejasnoće u genetiki istodobnom sedimentu. Naime, u stratificiranju spiljskih naslaga istraživači se često služe analizom fosilnog peluda za dobivanje tzv. peludnog spektra, na osnovi kojeg se može dobiti slika o biljnom svijetu tog područja u određenom vremenu i zaključivati o klimatskim prilikama. No, strujanje zraka u spilji za vrijeme taloženja sedimenta može prouzrokovati različit raspored fosilnog peluda u različitim dijelovima istog sedimenta, što može stvoriti krivu sliku o stvarnom stanju u biljnom svijetu (sl. 3). No, uočavanjem osnovnih klimatskih promjena (koje možemo pratiti u sedimentnom slijedu) i zakonitosti što se javljaju kao rezultat tih promjena, možemo donasati zaključke koji su primjenjivi za cijelu spilju. Otvaranjem mnogobrojnih profila, korelacijom utvrđujemo šta čemu pripada. U tom slučaju se koristimo tzv. repnim horizontom, bilo klimatskim, bilo morfološkim, bilo arheološkim koji možemo pratiti u svim dijelovima spilje. U spilji Vindiji, na primjer, za takav horizont koristi-

mo izrazito crveni, desetak centimetara debeli sloj koji nazivamo G<sub>1</sub>-nivo G kompleksa (sl. 2).

Nadalje, vrlo je važno pratiti sve vertikalne i lateralne promjene u sedimentima. Nije rijedak slučaj da se u takvim promjenama uoče i promjene uvjetovane ljudskim djelovanjem, kao što su pepeo, spaljena zemlja, dispozicija većih kamenih blokova i njihov raspored, koji mogu ponekad zamaskirati stvarne tokove sedimentacije. Naime, u pravilu, koncentracija kamenih blokova i kamenog kršja u sedimentnom kompleksu ukazuje uglavnom na hladnu (glacijalnu) klimu, kada uslijed termoklastičnog razaranja stijena i stropa spilje dolazi do stvaranja tzv. krioklastičnog kršja. No, i sedimenti nastali za vrijeme toplijih i umjerenih razdoblja (inače bez kamenja ili s malo kamenja) mogu mjestimice sadržavati veću količinu kamenih blokova i kršja, koji mogu biti rezultat djelatnosti fosilnih ljudi (sl. 4). Takva staništa onda pokazuju osmišljeni poredak blokova i kršja (pronađena su u mnogim spiljama Evrope). Tu je potrebno biti na oprezu jer prividna osmišljenost može nastati i prirodnim putem, pa valja voditi računa i o popratnim pojavama i nalazima.



Sl. 8.

Nije rijetkost u spiljama naići na prividno istovrsne sedimente koji izgledaju kroz cijeli ili kroz veliki dio vertikalnog profila kontinuirani, bez osobitih morfoloških promjena, što može stvoriti krivu sliku o stvarnoj debljini pojedine stratigrafskog ili klimatskog člana (sl. 5). Naime, ako postoji erozijska diskordanca ili stratigrafska praznina, možemo naići na vrlo debeli, genetski istovrstan sloj koji je istažen kroz dvije ili više kronostratigrafskih jedinica (dva stadijala ili sl.). Kako i brzina sedimentacije u spiljama ovisi o mnogo faktora, potrebno je biti vrlo oprezan. Spiljski sedimenti su nataloženi najvećim dijelom za vrijeme hladne (glacijalne, stadijalne) klime. Za vrijeme tople ili umjerene klime dolazilo je u sedimentima do dijageneze i izrazite erozije, tako da su ti sedimenti uglavnom vrlo tanki ili čak potpuno nestaju. Stoga, da to uočimo, moramo obratiti pažnju, i to vrlo detaljno, na sve promjene u arheološkom i paleontološkom sadržaju, iako na takvu erozijsku diskordanca može vrlo često ukazati tanki prosljok tzv. »promijenjenog tla«.

Sličnu pojavu o prividnoj nepromjenjivosti izgleda sedimenata možemo primijetiti u spiljama koje se nalaze na velikoj nadmorskoj visini (sl. 6B), gdje su uvjeti za sedimentaciju za vrijeme interstadijalne, općenito uzevši umjerenе klime, bili otprilike isti kao uvjeti za vrijeme hladne, glacijalne klime u spiljama koje se nalaze u nižim predjelima (sl. 6A). U takvim interstadijalnim sedimentima nalazimo mnoštvo kamenog kršja koje inače indicira na glacijalnu klimu.

Koji put, opet nailazimo u spiljama unutar sedimentnog kompleksa na slojeve gotovo bez kamenja, nastale za vrijeme vrlo hladne glacijalne klime (sl. 7). Uzrok tome može biti otapanje kamenih blokova i krioklastičnog kršja, koje se javlja kao rezultat aktivnosti hladne vode za vrijeme hladnih i ekstremno humidnih klimatskih stadija zbog obogaćenja vode s CO<sub>2</sub>. No, takvi sedimenti sadrže i druge indikatore hladne klime, koji se mogu lako identificirati, pa nam mogu poslužiti i kao reporni horizont. Treba napomenuti da se takve »agresivne« vode javljaju i za vrijeme tople i humidne klime kao rezultat rastvaranja organskih materija na površini, kada se obogaćuju huminskim kiselinama koje onda izrazito korodiraju vapnence. No, tu nam pomažu promjene na željeznim i manganskim spojevima, kada slobodno željezo

prelazi u željezni oksid pa oboji sediment u crveno ili u željezni hidroksid pa oboji sediment u smeđe, odnosno mangan stvori u dubini manganske konkrecije ili pak na površini tzv. »željezovitu zemlju«.

Ima slučajeva kada u sedimentnom kompleksu nađemo na zatrpane rovove pojedinih životinja, gdje je sav paleontološki i arheološki materijal izmiješan (sl. 8). Uzmimo za primjer Vergotinovu pećinu u Istri, gdje u sondama od dva metra dubine nailazimo na istoj dubini i na pleistocenske životinje i na keramiku brončanog i željeznog doba, pa i iz srednjeg vijeka. Sličnu stvar imamo i u pećini Sv. Ana kod Rijeke, gdje su uz ostatke pećinske hijene pronađeni ostaci od kože, pa čak i plastike ostavljeni u spilji u najbližoj prošlosti. Iako su sedimenti na prvi pogled izgledali intaktni, u takvim slučajevima ne možemo donositi nikakve stratigrafske zaključke ako, otvarajući brojne profile, ne nađemo na intaktnе naslage.

Arheološki materijal, naročito litički materijal kamenog doba (paleolitik, mezolitik, neolitik), služi nam vrlo često kao provodni element za stratificiranje pojedinog nivoa u sedimentnom kompleksu. Naime, svaka zasebna industrija je proizvod ljudskih populacija određenog vremena. No nije rijedak slučaj da u spiljama nađemo samo pojedine izolirane komade koji nas na osnovi svog izgleda mogu dovesti u zabludu. Znamo da svaki arheološki ili kulturni stupanj ima svoja osnovna obilježja na osnovi kojih im određujemo vremensku pripadnost. Međutim, postoje neki oblici u takvoj industriji koje susrećemo, recimo, i u paleolitiku, i u mezolitiku, i u neolitiku. Prema tome, ako nađemo takav artefakt izolirano, ne možemo zasigurno znati kojem kulturnom stupnju kamenog doba pripada ukoliko nemamo ili sukcesiju industrije, ili popratni drugi materijal, bilo paleontološki, bilo arheološki. Iako je kamena industrija karakteristična u općem kontekstu za svako razdoblje, ona sadrži neke oblike kojima su uzrok, osim kulturnog stupnja, ili materijal koji zbog svojih petrografskih karakteristika ne omogućuje velike promjene u izradi, ili svrha namjene koja ne zahtijeva veće promjene u izgledu, odnosno tipu artefakta.

Ovdje sam pokušao ukratko iznijeti samo neke osobitosti i pojave koje susrećemo u praksi i o kojima treba voditi računa, no postoje i druge »nezakonitosti« na koje možemo naići. One su opisane u mnogim udžbenicima o arheološkim i paleontološkim radovima na pleistocenskim sedimentima u spiljama. Istraživanje spilja, spiljskih sedimenata i, uopće, svih nalaza u njima zahtijeva minuciozan rad. Kako vidimo, postoje mnoge »zamke« na koje možemo naići. Njihovim rješavanjem povećava se dinamika inače dugotrajnog i strpljivog istraživanja, potiču se interesi i traženja. Bogatstvo naših spilja poznato je u cijelom svijetu, i sretni smo što ih u našem kršu toliko ima. Rad u njima će i nadalje davati vrijedne rezultate i odgovore na mnoga znanstvena pitanja.