



## Tektonski pokreti i postanak pećina

Krešimir Polak, Zagreb

Prolazeći našim krajevima, konstatirat ćemo da su neki od njih obrasli biljnim pokrovom i da je taj pokrov izrasao na glinenom mekanom materijalu, koji uzrokuje stvaranje blago zapobljenih oblika sa mnogo potoka i potočića, čiji su izvori redovno maleni i slabi, ali rijetko ili nikad ne presušuju. Takvi su krajevi na pr. Hrvatsko Zagorje, Kordun i Banija, Moslavina i Slavonija, sjeverni dijelovi Bosne, poneki dijelovi Srbije i Makedonije. U tim krajevima naći ćemo malo kamenja, a često bismo se i po čitav dan nahodali da nađemo po koji kamenčić. Suprotno tome ima krajeva gdje je kamenje toliko rasprostranjeno odnosno tako slabo prekrivo da svuda izviruje na površinu. To je zato, jer se vegetacija slabo prima na taj materijal, koji redovno ima malo vode. Eto u tomu je ključ cijeloj stvari — voda. Nisu uzalud stari Grci vodu smatrali jednim od elemenata Zemljine kore. Istina, nije to početni kemijski elemenat, kako su oni to mislili, ali je element u biološkom smislu, t. j. počelo koje uvjetuje stvaranje bilo kakve jače vegetacije, širenje životnih zajednica biljnog svijeta. Bez vode vegetacija ostaje trajno kržljava i slaba, sastojeci se od lišaja i mahovine koji djelomično uspijevaju na hladnijim i vlažnijim dijelovima stijena, gdje se vlaga dulje zadržava. No neko bujnije rastinstvo tu ne može uopće uspijevati, sve dok god voda na-

kon obaranja na površinu Zemlje brzo nalazi svoj dalji put. Ne zadržavajući se, voda prolazi kroz gornje slojeve kamenja nailazeći na mnoge pukotine i šupljine odlazi duboko, stotine pa i tisuće metara ispod površine da se tek tu zadrži na nekom nepropusnom glinenom sloju. Nepropusnost — eto ta riječ kazuje zašto su tereni s površinom iz glineog materijala lijepo obrasli bujnom vegetacijom i prekriti debelom naslagom humusa, dok su oni drugi koje naš narod naziva »krš« oskudno obrasli i redovno bez humusa. Glineni tereni već su na površini nepropusni (misli se za vodu), dok krš sadržava nepropusne materijale tek u velikoj dubini. Krške terene možemo općenito smatrati propusnima za vodu. Propusnost je svojstvo fizikalnog i kemijskog karaktera, jer znamo da je velik broj kemijskih spojeva kemijski topiv u vodi, t. j. procesom otapanja spojevi se mijenjaju kemijski, bitno i trajno. Takav je i kemijski spoj, koji čini glavninu kamena, a koji karakterizira krš, to je kalcijev karbonat, neutralna kalc. sol ugljične kiseline, koji se u vodi uz prisustvo ugljičnog dioksida lako kemijski otapa, t. j. mijenja se bitno prelazeći u topivo stanje kalcijevog hidrokarbonata, kojeg vodena struja odmah odnosi. Tako nekad čvrstog kalcijevog karbonata upravo nestaje, na tome mjestu ostaje praznina, kojom voda sve lakše prolazi, jer se praznina poste-

peno povećava. Dakle, propusnost je kemijskim svojstvom topivosti uzrokovano svojstvo, a nepropusnost je svojstvo onih drugih materijala, koji se sastoje iz glinenih čestica, da vodu zadržavaju. U biti taj je proces zadržavanja vode sasvim drugačiji nego onaj prvi, i tu je prvo kemijski sastav. Ti materijali nisu jedinstvenog kemijskog sastava, kao materijal krša, ali je bitno da svi sadrže element silicij, svi su ili silikati (soli silicijevih kiselina) ili djelomično silicijev dioksid u vrlo sitnom razmravljenom stanju ili pak jedna aluminosilicijeva kiselina, koja je jedan od zadnjih produkata trošenja silikatnog kamenja te je poznata, kao mineral kaolin, glavni sastojak smjese, koju zovemo glinom. Dakle, u biti je i tu kemijski sastav, ali utječe i jedna fizikalna osobina, koja svojom djelatnošću dobiva fizikalno-kemijski karakter, i to je veličina samih čestica u tlu odnosno u stijeni, koja čini glavninu najgornjih slojeva. Veličina tih čestica uvjetovana je kemijskim sastavom. Ta veličina toliko je značajna za bitno razlikovanje u pogledu fizikalno-kemijskih svojstava od čestica manjih i većih, da je cijeli taj red veličina označen kao koloidi, a postoji i zasebni dio fizikalne kemije, koji se bavi tim veličinama nazvan koloidna kemija. Uzrok bitnosti razlikovanja koloidnih čestica od čestica drugih veličina nalazi se u njihovom svojstvu adsorpcije najsitnijih čestica (molekula) vode na svoju površinu. Iako to na prvi pogled ne izgleda ništa značajno, ipak je to privlačenje molekula vode jedna dosta važna i značajna pojava, t. j. povećanje volumena. Važno je pri tom još i to, da se tih čestica vode ne može na jednu izvjesnu koloidnu česticu nakupiti neograničeno mnogo, već samo jedna dosta ograničena količina. Međutim, povećanje volumena je nastupilo u tolikoj mjeri, da se čitav taj proces na-

ziva »bubrenje«. Dakle, koloidna čestica adsorbirajući na sebe vodu nabubri, ali kako tom prilikom nabubre (t. j. povećaju volumen) i susjedne koloidne čestice, postepeno se zatvore sve šupljine između njih i one više ne mogu primiti vode, ali ne samo primiti, već one između sebe neće niti propuštati čestice vode. Eto odgovora zbog čega su silikatne stijene nepropusne.

Konstatirali smo, da je nepropusnost tla uzrok blagim zaobljenim oblicima sa mnogo, često vrlo bujne vegetacije koja nastaje zbog velike količine vlage. Suprotno tome je propusnost, kao posljedica pretežnog karbonatnog sastava, uzrok kržljivoj vegetaciji, a često i ostrim klisurastim oblicima tla kao kod nas u kršu. Ti oblici nisu nastali samo krivicom vode, ona je samo nastavila proces, koji su joj druge sile pripravile. Naglasio sam prilikom objašnjavanja propusnosti kako voda nastalu šupljinu neprestano povećava. Dakle, šupljina već mora postojati, da bi voda mogla vršiti svoje kemijsko djelovanje i kako bi mogla doprijeti do molekula kalcijevog karbonata te ih otopiti. Daljnjim otapanjem kalcijevog karbonata (koji je razvijen kao mineral-vapnenac) voda postepeno stvara sve veću šupljinu, šireći si tako put.

Potrebno je da čitaocu objasnim, kako se uopće stvaraju te šupljine, početne embrionalne pukotine, koje voda dalje proširuje u sve veće pukotine. Rekao sam, da voda ne može doprijeti u kompaktan gusti kamen, ako on nije ni malo raspucan, ali Zemljina kora je u dubokoj unutrašnjosti plastična, a na površini se njezine stijene lako raspucaju, ako neka vanjska sila djeluje na nju pokrećući je. Takvi pokreti stvarno i postoje, doduše u naše doba u manjoj mjeri, ali su i te koliko djelovale prije stvaranja čovjeka na zemlji, prije nekoliko milijuna godina. Te sile djeluju i danas, o tome nam svjedoče po-

tresi, koji su doduše slabi i rijetki u našim krajevima, ali ima krajeva na Zemlji, gdje oni vrlo jako djeluju, osobito u Turskoj i Grčkoj, a da ne govorimo o tektonskom području Japana. U prijašnja vremena te sile su bile još mnogo jače, što je nesumnjivo, jer su uzrokovale stvaranje tolikih poremećaja, lomova i pukotina u najmlađim sedimentnim tvorevinama. Te sile, koje su te pokrete uzrokovale djelovale su redovno u izvjesnim stalnim smjerovima, stvorivši pukotine uglavnom određenih, često paralelnih položaja, kao što su i čitave planine na taj način stvorene. To možemo vrlo jasno uočiti baš na našem kršu odnosno planinama dinarskog sistema. Pukotine stvorene tektonskim pokretima, na taj način, obično su vrlo guste. Osim toga, na svakom terenu obično je stvoreno nekoliko sistema pukotina, koje su međusobno sasvim različito položene. Mnoge se pukotine na pojedinim mjestima sijeku i na takvim se mjestima očito stvara rupa, koju voda vrlo lako proširuje, dok istovremeno na dnu pukotine, kojom teče taloži netopiv materijal i polagano ju začepљуje. U slučaju, da su pukotine uspravno položene, onda će i njihovo križanje biti uspravno; taj tip voda obično brže proširuje virovima, koji za vrijeme kiša bivaju mnogo jači nego u pukotinama horizontalnih položaja, pa je razumljivo, da ćemo u prirodi nalaziti više takvih uspravno formiranih rupa, koje naš narod naziva jamama, bezdanima ili ponorima. No ipak nisu rijetkost u kršu ni rupe manje više vodoravnog položaja, koje nazivamo pećinama ili špiljama.

Naravno, da ne smijemo pomisliti, da kalcijev karbonat što ga je voda otopila na početku svoga puta, pri ulasku u slcjeve vapnenjaka, nosi čak u more. Naprotiv, ona ga zadržava i nosi u otopljenom obliku samo dotle dok se

prilike ne promijene, t. j. dok ne postane prezasićena njime. Takvo zasićivanje može uslijediti povodom različitih preduzroka, ali je uvijek praćeno odlaženjem sadržanog ugljičnog dioksida u atmosferu, dakle slabljenjem kiselosti vode. Dode li do nestajanja  $\text{CO}_2$  iz vode se počne taložiti kalcijev karbonat, t. j. isti onaj spoj, koji je prije bio otopljen. Nastupi li to taloženje naglo, onda se taloži u tankim slojevima vrlo sitno-kristaliničnog sastava na mjestu gdje ima najviše mogućnosti za taloženje, na pr. na stropu ili podu pećina, a eventualno se na mjestima gdje voda i  $\text{CO}_2$  nestaje, t. j. tamo gdje se kaplja otkida od stropa, stvara uspravan stupić. On postaje sve deblji, kako se na njemu talože novi slojevi neutralnog kalcijevog karbonata. Te tvorevine, koje vise sa stropa ili se uzdižu na podu nazivamo sigama. Sige su dakle najmlađi dijelovi pećina. Po njima možemo donekle procijeniti starost dotične pećine, jer je očito da pećina sa mnogo siga najrazličitijih oblika i debljina ne može biti mlada. Svakako je moralo proći dosta vremena dok se je cijeli taj splet siga stvorio, računajući od časa kad je pećina već imala sovju glavnu formu, kao šupljina. Sige su često i krupno-kristaliničnog sastava, ako je ispadanje taloga teklo polagano, pa je  $\text{CaCO}_3$  imao dovoljno vremena da se pravilno kristalizira. To obično dolazi na debljim slojevima sige, gdje je voda curila polagano i  $\text{CO}_2$  je tek postepeno izlazio. Tako dugotrajnim procesom na kraju dobivamo šupljinu ispod zemlje, isprepletenu sigama, koje se i dalje sve više stvaraju, a često i zatvore mnoge otvore. Ti procesi su svakako dugotrajni, ali se ne može točno reći vrijeme, koje je potrebno za stvaranje jedne sige. Brzina rasta ovisi o mnogo faktora i na svakom su mjestu drugi, a oni su

opet ovisni i o količini oborina dotičnog godišnjeg doba, što znači da je i u svako doba godine druga. Osim toga ona se s vremenom i trajno mijenja, jer prolazeći nekim terenom voda ga stal-

no iscrpljuje, t. j. ispire ili pak začep-ljuje, tako da si sama postepeno mijenja prilike, koje su odgovorne za stvaranje pojedine sige ili čitave skupine siga, a možda i čitave pećine.

## Evolucija životinjskog svijeta podzemlja

Franjo Nikolić, Dubrovnik

Studij podzemnog životinjskog svijeta nije starog datuma. Prošlo je tek 100 godina kako je pronađena i opisana prva podzemna životinja, a tek nešto prije 50 godina je ova fauna uzeta na temeljitiji studij. Našu podzemnu faunu obrađivali su i naši i strani stručnjaci. Među imenima naših stručnjaka, koji su obrađivali našu podzemnu faunu, nalazimo vodeća imena naše zoologije: J. Hadži, S. Stanković, Langhofer, St. Karaman, Z. Karaman uz ostale, koji su također dali veće ili manje priloge upoznavanju naše podzemne faune.

### TEORIJE O NASTANKU PODZEMNE FAUNE I NJENA STAROST

Podzemna fauna je u stvari jedan od mnogobrojnih primjera prilagodbe uslijed promjene vanjske okoline. U toku geoloških epoha mijenjala se klima Zemlje. U razvoju podzemne faune najvažnije su dvije epohe: Jura sa kredom kao epohe stvaranja vapnenca, u kojem su se kasnije kemijskom erozijom izgradile pećine i oledbe, koje su došle nakon tropske i subtropske klime, kada se jedan dio vanjske faune povukao u pukotine i prilagodio podzemnom životu. Podzemnu faunu nalazimo posvuda u podzemlju, a pećine su jedina mjesta u koja može čovjek ući radi sabiranja životinja, te je stoga ova fauna nazvana pećinska fauna, odnosno pećinske životinje. Međutim su se tokom vremena metode sabiranja usavršile, te se i iz uskih jama i pukotina dobivene životinje, koje imaju ili samo dio elemenata ili sve elemente pećinskih životinja, te se ova fauna u novijoj literaturi označava kao podzemna fauna.

Prve teorije o evoluciji podzemnih životinja postavili su Francuzi u drugoj polovini XIX. stoljeća. Prišlo se rješavanju najprije sistematskih, a kasnije i ostalih problema (filogenija, ekologija, zoogeografija i t. d.)

U podzemnom svijetu glavnu ulogu igraju slijedeći činioci:

1. TEMPERATURA. — Temperatura pećina je potpuno suprotna temperaturi vanjske sredine. Od vanjske temperature je ljeti niža, a zimi viša. Ona je izvanredno sklonište za organizme, koji ili ne mogu ili veoma teško podnose nagle izmjene temperature ili pače i surovosti vanjske klime. Temperatura podzemlja je optimum za cijeli niz životinja. Tako pri ulazu ili čak i u mračnoj (afotičnoj) zoni nalazimo zimi životinje, koje su u proljeće ili u doba kišne sezone vani, a sklonile su se ispred neugodnih promjena vanjske okoline. Za primjer ćemo navesti da se na pr. pauk *Pholcus phalangioides* nalazi u pećinama u XI., XII. i I. mjesecu, dok ga u ostalim mjesecima nala-