

TALOŽNI FENOMENI U ZRMANJI S BIOLOŠKOG
STANOVNIŠTVA

IVAN MATONIČKIN i ZLATKO PAVLETIĆ

Uvod. Rijeku Zrmanju istraživalo je parcijalno nekoliko autora, kao što su B. Ž. Milojević, M. Šenoa, V. Rogić, Schubert i dr. Cjelokupnog prikaza, naročito geomorfoloških prilika užeg toka rijeke, dosada još nema. Nama nije svrha da dademo potpun prikaz geomorfologije ovoga područja, već se želimo zadržati samo na taložnim fenomenima koji su do sada vrlo malo ili gotovo nikako obrađivani. To činimo s razloga, što su ovi fenomeni uglavnom uvjetovani biološkim i fizičko-kemijskim faktorima.

Ovdje mislimo iznijeti jedan dio rezultata istraživanja koja smo vršili tokom ljeta god. 1961. duž čitavog toka rijeke od izvora pa do ušća. U tom pogledu mogli smo zapaziti da se u rijeci može razlikovati nekoliko odsjeka koji se u geomorfološkom, a naročito u hidrološkom pogledu međusobno razlikuju.

Prvi odsjek rijeke proteže se od izvora do Mokrog polja. U tome odsjeku koji je dugačak oko 20 km korito rijeke je plitko, te na njegovu kraju (kod Popovića mlina) gubi vodu kroz ponore koji se nalaze u koritu rijeke.

Područje od Mokrog polja sve tamo do iznad Žegara, na dužini od daljnjih 20 km, ostaje ljeti gotovo sasvim bez vode. Voda se samo mjestično zadržava kao ustajala.

Kod Žegara, odnosno nešto uzvodno od tog mjesta, rijeka — zbog mnogobrojnih malih vrela — dobiva ponovno dovoljne količine vode, pa od tog mjesta poprima karakter prave rijeke. Ovaj odsjek završava kod Sastavaka, tj. kod mjesta gdje se Krupa spaja sa Zrmanjom.

Četvrti odsjek počinje kod Sastavaka i završava zadnjim slapom na rijeci Zrmanji (Jankovci). Ovaj dio rijeke bogat je taložnim fenomenima, za razliku od svih prijašnjih odsjeka u kojima vrlo rijetko susrećemo ove pojave.

Ispod Jankovaca počinje peti, kanjonski odsjek rijeke, u kojem je voda boćatna, tj. miješa se slatka voda s morem. Ovaj se odsjek proteže sve do ušća u more.

Osim rijeke Zrmanje istražili smo i najveću njenu pritoku Krupu koja je vrlo bogata raznim sedrenim naslagama.

Na ovome mjestu želimo naglasiti da je poznavanje sedrenih oblika u rijeci Zrmanji vrlo slabo, tako da čak u popularnim prikazima ove rijeke nalazimo vrlo grube greške. Tako se npr. govori o nekim vrlo velikim slapovima kod Popovića mlina (navodno 23 m visine), kod Kovačevića mlina u Donjem Erveniku (čak 50,4 m visine), a za Žegar se navodi jedan od 16 m, a drugi od 23,3 m. Međutim, u čitavom tom području nema ni traga slapovima, a ne može ih ni biti, jer za vrijeme ljeta, kada su prilike za taloženje sedre najpovoljnije, nema u rijeci vode. U naučnoj literaturi pak, kako je već napomenuto, nema u tom pogledu detaljnijih podataka.

Oblici sedrenih naslaga. Možemo reći da Zrmanja sa svojom pritokom Krupom stvara relativno znatne količine sedrenih tvorevina. One su pretežno mladog postanka ili pak predstavljaju tvorevine koje sporo rastu. Uzevši u obzir čitav tok rijeke, možemo reći da prva tri odsjeka nisu uopće bogata ovim tvorevinama. U prvome odsjeku, zbog vrlo niske temperature vode i usprkos visokom alkalitetu, nalazimo sedrene tvorevine samo na jednom mjestu, i to kod mjesta Palanka, gdje je relativno niski slap (oko 5 m) zvani Buk. On predstavlja sedrenu barijeru koju izgrađuje životna zajednica sastavljena uglavnom od mahovina *Cinclidotus aquaticus* i *Platyhypnidium rusciforme*, te od rakušca *Rivulogammarus balcanicus konjicensis* (*Cinclidotus-Platyhypnidium-Rivulogammarus* zajednica). Do izgradnje ove barijere došlo je najviše zbog vrlo povoljnog prozračivanja vode. Niska temperatura vode, pak, sprečava brži rast sedrenih tvorevina. Za ovaj je slap značajno da pokazuje tragove propadanja. Naime, fronta barijere bila je nekada daleko nizvodnije nego što je to danas. Ovo možemo protumačiti samo razlikom u hidrološkim prilikama u razno doba godine. Ljeti, za vrijeme nižeg vodostaja rijeke, dolazi do stvaranja sedrenih tvorevina, dok u proljeće i u jesen za visokog vodostaja voda erodira. Stoga se mnoge, tokom niza godina izgrađene sedrene tvorevine erodiraju ili čak sruše.

U drugom odsjeku rijeke ne nalazimo sedrenih tvorevina iz razumljivih razloga. Za vrijeme najpovoljnijih uvjeta za taloženje sedre, tj. u ljetno doba, u koritu rijeke uopće nema tekuće vode, pa se prema tome niti ne mogu stvarati sedrene tvorevine.

Nepovoljne uvjete za taloženje sedre nalazimo i u srednjem odsjeku rijeke, iako su ovdje povoljne temperaturne i alkalitetne prilike. Rijeka teče vrlo pologano, tako da ne može doći do potrebnog prozračivanja vode, jednog od glavnih uvjeta da bi se izlučio kalcijev karbonat. Tek na kraju ovog odsjeka, nadolaskom većih količina vode i zbog konfiguracije samog korita rijeka dobiva ubrzanje, pa tu nalazimo jednu manju sedrenu barijeru visoku oko 2 m, 500 m prije utoka Krupe u Zrmanju.

Svi faktori koji pogoduju izgradnji sedrenih tvorevina pojavljuju se tek na četvrtom odsjeku. Povećava se količina vode priticanjem Krupe, a to onda utječe i na povišenje alkaliteta koji je vrlo visok u rijeci Krupi. To je također razlog da rijeka dobiva ubrzanje, što onda pogoduje prozračivanju. Ako se još uzme u obzir da je to područje prilično daleko od izvora, dolazi do znatnog povišenja temperature vode (za oko 10°C) što znači da su ovdje i temperaturne prilike vrlo povoljne. Ovo je razlog da

u ovome području susrećemo čitav niz sedrenih tvorevina mladeg postanka, kao što su slapovi Visoki buk, Berberovci, Supljikovci i Jankovci. Iako postoje svi povoljni uvjeti za razvoj sedrenih tvorevina, one se ne mogu normalno razvijati. Gotovo kod svih slapova možemo primijetiti tragove razaranja, naročito u njihovu središnjem dijelu. Ovo ukazuje da nejednolike hidrološke prilike u rijeci onemogućavaju jednomjerniji razvoj sedrenih tvorevina. Za vrijeme većeg vodostaja rijeke, naime, voda katkada prelazi u erozivnu djelatnost te razara slapove.

I Krupa obiluje sedrenim tvorevinama, i to najviše zbog toga što ima vrlo strm pad i jako visok alkalitet (oko 5), pa i pored niže temperature vode mjestimično stvara vrlo razvijene sedrene tvorevine, kao što su Panića buk i Radov buk. Osim toga, ima mnogo slabije razvijenih sedrenih tvorevina u obliku niza kaskadica. Nalazimo ih kod Sedre na Stoponogi, kod Sastavaka (zbog spajanja Krupe i Orovače), kod manastira Krupe i dr.

Posebnu zanimljivost u geomorfološkom pogledu predstavljaju izvorišna područja rijeke Zrmanje i Krupe. Vrela obiju rijeka krškog su karaktera i pokazuju oblike regresivne erozije. To je došlo naročito do izražaja na izvoru rijeke Zrmanje koja je snažno usjekla svoje izvorišno područje, pa se iznad samog vrela gotovo okomito uzdiže kamenita litica visoka preko 100 m. Nešto slično možemo utvrditi i kod izvora Krupe, samo što je ovdje erozija u početnom stadiju pa je izvorište pokriveno velikim kamenim blokovima koji su odvojeni regresivnom erozijom. To je razlog da Krupa pada niz nešto veću strminu. Daljnjim djelovanjem regresivne erozije izvorišni će se dio sve više zasijecati, a pozadina izvorišta postajat će sve okomitija, kao što je slučaj i u izvorišnom dijelu rijeke Zrmanje.

U geomorfološkom pogledu zanimljivo područje predstavlja i šesti odsjek rijeke Zrmanje koji ovdje samo usput spominjemo. Ovaj odsjek je ok 20 km dugačak i nema pravi riječni karakter zbog miješanja slatke vode s morem. Stoga ovdje susrećemo dva suprotna strujanja: rijeke prema moru i mora prema rijeci, što naročito dolazi do izražaja za vrijeme plime. Ovaj utjecaj mora sve se više povećava, vjerojatno zbog postepenog izdizanja morske obale. Zanimljivo je naglasiti da ovdje ne dolazi do miješanja morske i slatke vode ukoliko to nije izazvano vodenim gibanjima. Slatka voda kao specifično lakša drži se na površini, a specifično teže more je pri dnu. Zbog toga ovdje susrećemo posebnu termičku stratifikaciju vode.

Udio bioloških i fizičko-kemijskih faktora u stvaranju sedrenih naslaga. Fenomeni taloženja koje susrećemo u Zrmanji i u pritoku Krupi uvjetovani su fizičko-kemijskim i biološkim faktorima, kao što je to uostalom slučaj i na svim ostalim krškim rijekama u kojima susrećemo slične pojave. Kao što je poznato, glavni faktori koji utječu na stvaranje sedrenih naslaga jesu fizičko-kemijskog karaktera. To su u prvom redu alkalitet i temperatura, a zatim i brzina vode o kojoj ovisi prozračivanje što daje poticaj za izlučivanje monokarbonata iz vapnenačkih bikarbonatnih otopina. S time u vezi već smo naprijed napomenuli i utvrdili da u gornjim odsjecima Zrmanje uglavnom ne postoje povoljni fizičko-

kemijski uvjeti, najviše zbog relativno niske temperature vode koja je obično niža od temperaturne granice taloženja (14°C). Zbog toga na tome području i pored vrlo povoljnih alkalitetnih prilika, odnosno pored količine otopljenog kalcijeva bikarbonata u vodi, koji je uvijek znatno iznad alkalitetne granice taloženja ($a = 1.3$), ne dolazi do jačeg izdvajanja kalcijeva karbonata. Tu se mogu razviti sedrene tvorevine samo na mjestima jačeg prozračivanja vode, a to smo mogli utvrditi samo kod mjesta Palanke gdje se voda vrlo intenzivno prozračuje, pa to pogoduje taloženju sedre. Brzina vode na tome odsjeku kreće se oko 1—1,5 m/sek, što je dovoljno da se izazove jače prozračivanje vode.

Sasvim su drugačije prilike u četvrtom odsjeku rijeke gdje su u ljetno doba svi faktori povoljni, da bi se mogao istaložiti kalcijev karbonat u relativno velikim količinama. Pored vrlo povoljnog alkaliteta (oko 4) tu su brzina i temperatura vode također povoljni, tako da je brzina uvijek oko 1—3 m/sek, a temperatura daleko iznad temperaturne granice taloženja.

U rijeci Krupi nalazimo veće brzine vode (oko 3 m/sek i vrlo visoki alkalitet (oko 5) što uz temperaturu koja se kreće oko temperaturne granice taloženja daje povoljne uvjete za cijepanje bikarbonata.

U svim odsjecima s povoljnom brzinom vode možemo utvrditi znatne količine kisika (od 3,8—5,4 ccm/l) što pogoduje da se na tim mjestima naseli bogat svijet organizama koji svojim prisustvom omogućava zadržavanje izlučenog karbonata, što se onda odražuje u stvaranju sedrenih naslaga.

Za životne zajednice koje sudjeluju u izgradnji ovih taložina možemo reći, da su vrlo slične i da pripadaju zajednicama koje susrećemo i na drugim sličnim staništima naših krških rijeka. To su zajednice koje su nastanjene na staništima sasvim eksponiranim svjetlu. Stoga se ovdje na površini slapova razvija uglavnom već spomenuta *Cinclidotus-Platyhypnidium-Rivulogammarus*-zajednica, i to na taj način da površinske dijelove pokriva uglavnom mahovina *Cinclidotus aquaticus*, a rubove u vrlo velikim količinama druga jedna mahovina *Platyhypnidium rusciforme*. Ovu vegetaciju bogato naseljuju rakušci vrste *Rivolugammarus balcanicus konjicensis*, zatim ličinke vodencvjetova, obalčara, dvokrilaca, kornjaša i dr. te odrasli oblici nekih kornjaša (*Helmis maugaei*, *Esolus angustatus* i dr.). Na samim bradama mnogo se razvija i zelena alga *Vaucheria gemminata* s kojom se združuju već prije spomenuti rakušci.

U nizvodnom dijelu ovakvih malih barijerica jače se razvija bilo vodena mahovina *Fontinalis antipyretica* uz koju nalazimo i neke ličinke dvokrilaca, ili se pak može razviti u znatnim količinama jedna alga zelenkastosmeđe boje koja međutim pripada crvenim algama (*Lemanea fluvialilis*). Uz ove spomenute organizme mjestimično se mogu zapaziti sluzave kuglaste nakupine smeđe boje koje potječu od jedne modrozeleno alge (*Nostoc verrucosum*).

Ovakve sedrene barijerice stvaraju u nizvodnom dijelu male sedrene brađe, tako da nastaju i zasjenjena staništa u kojima susrećemo sasvim drugačije organizme nego što je to slučaj na površinskom dijelu barijerice. To naročito vrijedi za vegetaciju, jer se ovdje umjesto vegetacije svjetla

razvija vegetacija sjene. To su uglavnom neki pravi mahovi (*Cratoneurum filicinum*, te *Eurynchium*-vrste), ili pak neke jetrenarke (predstavnici rodova *Marchantia*, *Fegatella*, *Pellia* i dr.). Uz ovu se vegetaciju na takvim staništima zadržavaju i mnoge ličinke dvokrilaca te rakušci.

Na nešto razvijenijim slapovima pojavljuju se ispod slapova i takva staništa koja su osrednje osvjetljena. To su tzv. poluspilje gdje susrećemo uglavnom takve životne zajednice koje su utvrđene na sličnim staništima i izvan sedrenih slapova u našem krškom području. Glavninu čini vegetacija sastavljena od jedne paprati koja ima južno rasprostranjenje (*Adiantum capillus veneris* — gospin vlasak) te od nekih mahovina (*Eucadium angustifolium* i *Hymenostilium curvirostre*).

Treba napomenuti da na površinskom dijelu ovih slapova nema suhih mjesta, pa se stoga ovdje niti ne razvija viša vegetacija. Jedino se na nekim slapovima nešto jače razvija trava *Agrostis verticillata*, a na jednome slapu (Supljikovci) jako su razvijene vrbe.

Na tome području ima i staništa koja naseljuju samo životinje. To je uglavnom kamena podloga koju naseljavaju neki virnjaci (*Polycelis nigra*). S druge strane ima životinja koje nastanjuju kako goli kamen, tako i spomenutu vegetaciju. Takve su razne ličinke vodencvjetova i obalčara. Nekada se uz ove organizme vrlo obilno naseljuju i neke ličinke tulara, kao i neki puževi (*Neritina transversalis*, *N. fluviatilis*, *Lithoglyphus fluminensis* i dr.).

Obično se do sada smatralo da pri izgradnji sedrenih naslaga učestvuju uglavnom biljke. Međutim, u tom procesu mogu sudjelovati i neke životinje, a to je većina od sprijeda spomenutih, zbog čega smo ih i ovdje naveli. Stoga, kada govorimo o zajednicama koje učestvuju u izgradnji sedrenih tvorevina, ne smijemo od toga izuzeti životinje, već ih moramo spomenuti kao sastavni dio čitave životne zajednice koja sudjeluje u izgradnji sedrenih slapova.

Progressivna i regresivna evolucija taložnih fenomena. Promatrajući taložne fenomene u rijeci Zrmanji i Krupi, možemo zapaziti da sedreni slapovi nisu stalnog oblika, već da se oni mijenjaju, bilo da se progressivno razvijaju, bilo da propadaju. Kako teče taj proces, najbolje ćemo vidjeti ako u tom pogledu obradimo svaki pojedini slap.

Z r m a n j a

1. Buk kod Palanke. Svojim oblikom slap izgleda mlad, jer — kako je već rečeno — to je barijerica visoka 4—5 m. Međutim, fizičko-kemijski faktori koji uvjetuju taloženje sedre na ovome su mjestu dosta nepovoljni za izlučivanje karbonata. Relativno niska temperatura vode i pored povoljnog alkaliteta ne pogoduje cijepanju bikarbonata, pa stoga sedrene tvorevine na tome mjestu sporo rastu. Ovo ukazuje da je ovaj slap nastao sporim rastom sedrenih naslaga, pa da prema tome ne predstavlja tako mladu barijericu. Kada ne bi postojalo i povoljno prozračivanje vode, vjerojatno se na ovome mjestu ne bi istaložila sedra.

Na izloženi način razvila se barijera koja ne pokazuje tendenciju daljnjeg razvoja, već naprotiv rušenja. To naročito vrijedi za njezin središnji dio koji je na mnogo mjesta oštećen. Pored toga u nizvodnom smjeru mogu se zapaziti u neposrednoj blizini slapa tragovi sasvim razrušenih barijerica. Sedrene su naslage očuvane samo na obali i predstavljaju krajnje dijelove nekadašnje barijerice.

Uzevši sve ovo u obzir, možemo reći da se slap razara. Ukoliko bismo željeli protumačiti ovu pojavu, donekle bi nam je mogla objasniti činjenica da hidrološke prilike u rijeci, a naročito u području ovoga slapa, nisu konstantne kroz čitavu godinu. Postoje, naime, periodi visokog vodostaja rijeke s većim ubrzanjem i s većom količinom vode te s erodiranjem što se očituje u rušenju slapa.

Relativno velike količine sedre, i to ne samo žive nego i prekrystalizirane odnosno fosilne, što ih nalazimo na ovome mjestu, pokazuju da su nekada postojali povoljniji uvjeti za razvoj sedrenih tvorevina. To je bilo uvjetovano ili povoljnijim temperaturnim prilikama vode ili pak smanjenim protjecajem vode kod visokog vodostaja.

Što se tiče budućnosti slapa, možemo reći da će on i dalje postepeno propadati ukoliko ostanu i dalje današnje hidrološke prilike. To, međutim, ne znači da će ta regresija teći sve do potpunog uništenja slapa, jer postoji mogućnost da hidrološki i drugi uvjeti ponovno postanu povoljni za rast sedrenih naslaga.

2. Visoki buk. Ovaj je slap u području gdje postoje vrlo povoljne prilike za taloženje sedre, što se ogleda naročito u povoljnoj temperaturi vode i alkalitetu. Osim toga, na tome su mjestu i uvjeti za rasprskavanje vode — zbog velike brzine i konfiguracije samog korita kao i zbog veće količine vode koju je rijeka dobila od najvećeg pritoka Krupe — stvorili mogućnosti za izdvajanje veće količine kalcijeva karbonata. Razvio se relativno visoki slap što se odražava i u nazivu. To je zapravo sistem slapova sa više stepeničastih barijera različite starosti.

Najstarija barijera je i najviša i iznosi 10—15 m visine (fot. 1). Iznad ove najviše barijere i ispod nje razvio se čitav niz mlađih barijerica visokih svega 2—3 m (fot. 2). Ove male barijerice pokazuju tendenciju stalnoga rasta i nemaju nikakvih oštećenja. Najveća pak stepenica, međutim, pokazuje znatne znakove erozivne djelatnosti rijeke. To se očituje naročito u središnjem dijelu slapa, dok rubovi ostaju uglavnom neoštećeni. Pored toga, nešto ispred ovoga najvišeg pada zapažaju se i znatni tragovi nekadašnje barijere, naročito u obliku velikih sedrenih gromada u samome koritu, kao i u ostacima prekrystalizirane sedre na obalnom području.

Struktura glavne stepenice govori nam da sezonske hidrološke oscilacije djeluju na tom slapu samo djelomično, jer erozivna djelatnost vode za višeg vodostaja pokazuje tragove razaranja samo u središnjem dijelu najstarije barijere. Ostali dijelovi ove stepenice kao i mlade barijerice iznad i ispod nje stalno rastu. Ovo se može protumačiti samo povoljnim temperaturnim prilikama u vodi koje na mjestima gdje protječu manje količine vode omogućuju da se sedrene naslage stalno razvijaju.

U pogledu prognoze za daljnji razvoj ovog sistema barijera možemo reći da će se ovdje veličina i položaj barijerica u budućnosti pomjerati pod istim uvjetima koji danas vladaju. Postoji mogućnost da se ovdje razvije i sistem nešto većih barijerica koje međutim neće biti dugoga vijeka, jer će mnoge od njih kada izrastu do jedne određene visine, morati popustiti erozivnoj djelatnosti vode za visokog vodostaja. U slučaju smanjenog protjecaja vode za visokog vodostaja ovdje će sedrene tvorevine naglo početi rasti što bi imalo za posljedicu da se razviju velike količine sedre s čitavim nizom visokih slapova.

3. Berberovci. To je prvi u nizu slapova nizvodno od Visokog buka. Slap predstavlja relativno razvijenu barijericu visoku 8—10 m koja prelazi u pravu barijeru s razvijenim sedrenim zastorima, poluspiljama i spiljama. Nastaje poput mnogih slapova na drugim rijekama (Martin Brod na Uni, Roški slap na Krki i dr.) na proširenom dijelu riječnog korita gdje voda dobiva ubrzanje, tako da je nastala vrlo široka barijera (oko 200 m) s raznim sedrenim formama. Prevladavaju slazovi, ali ima i sedrenih brada, čunjeva, poluspilja, spilja itd. Ovaj slap ne pokazuje neke veće tragove erozijskog djelovanja vode, već ima tendenciju stalnoga rasta. To je zbog toga što se ovdje korito rijeke jako proširuje, tako da se voda razlijeva po velikoj površini i gotovo uvijek djeluje samo svojim taložnim potencijalom. Zato nije teško zaključiti da će ovaj veliki slap, pod pretpostavkom da potraju sadašnji uvjeti, stalno rasti i izrasti u pravu veliku barijeru s razvijenom višom vegetacijom na površinskom dijelu. Ovakvu tendenciju razvoja možemo uočiti i danas, jer se već na mnogim mjestima površinskog dijela vide začeci razvoja jedne više vegetacije. Naročito su razvijene razne vrbe, ali ima i joha i drugog drveća koje već sada stvara prilično mnogo zasjenjenih mjesta, gdje se razvija sedrotvorna vegetacija sjene koja će u budućnosti zauzimati sve veće prostranstvo i davati poticaj za još jači razvoj sedrenih naslaga. Inače, sada još uvijek prevladava sedrotvorna vegetacija svjetla, koja ne izgrađuje tako intenzivno sedru kao što to čini sedrotvorna vegetacija sjene (*Cratoneurum commutatum* i dr.).

Znači da će se ovaj slap u budućnosti pod sadašnjim okolnostima dalje razvijati, pa možemo očekivati da će se u ne tako dalekoj budućnosti razviti velika i visoka barijera čiji će se pad moći iskorišćivati i za dobivanje električne energije, kao što mammo slučaj i na Roškom slapu.

4. Šupljikovci. Oko 2 km nizvodno od slapa Berberovci korito rijeke se suzuje i na taj način voda dobiva ubrzanje. Osim toga, na tome mjestu u rijeku utječe više manjih potoka. Sve to uvjetuje znatno prozračivanje vode što uz povoljnu temperaturu i alkalitet omogućuje izdvajanje znatnih količina vapnenca. Međutim, stvaranje sedrenih naslaga nije starijeg datuma, jer su se ovdje razvile niske sedrene tvorevine koje još niti nemaju pravi oblik barijerica. Po svemu izgleda da je utjecaj čovjeka ovdje došao do punog izražaja. Zbog obližnjih polja uz koja su se razvila i naselja, koristio se i ovaj relativno malen pad vode za natapanje ili za vodenice. Zbog toga su ovdje vršeni mnogi zahvati stvaranjem umjetnih padova, odvoda za natapanje i sl., što je prouzrokovalo da su sedrene tvo-

revine na mnogim mjestima ostale bez vode. Osušena mjesta zauzela je viša vegetacija koja se poput guste šikare od vrba, kupina, johe i dr. bujno razvila gotovo po čitavoj širini slapa, tako da voda prirodno otječe na svega par mjesta, dok svu ostalu vodu koriste spomenute mlinice ili je obilno upotrebljavaju zemljoradnici za natapanje relativno prostranih polja na kojima se gaji pretežno kukuruz.

Zbog jako izražene intervencije čovjeka na ovome slapu, postoji vrlo mala vjerojatnost da će se on dalje razvijati. To pokazuju i oskudno razvijene sedrotvorne životne zajednice koje pod današnjim uvjetima ne mogu stvoriti većih količina sedrenih naslaga, iako su svi prirodni uvjeti za to vrlo povoljni.

5. **J a n k o v c i.** Ovaj se slap nalazi 4—5 km nizvodno od predašnjeg. To je tipična barijerica potpuno izložena svjetlu, visoka oko 3 m (fot. 3). Stvara sedrene brane sa dobro razvijenim spiljama i poluspiljama. Zbog vrlo povoljnih temperaturnih i alkalitetnih prilika sedrene bi naslage trebale rasti relativno brzo. Polazeći od te konstatacije, ova je barijerica svakako mlađeg postanka, naročito ako se uzme njezina relativno mala visina.

Barijerica ipak pokazuje znakove trošenja osobito u svome središnjem dijelu. Ovo djelomično propadanje slapa ne bismo mogli direktno pripisati djelovanju vode za visokog vodostaja. Na taj način voda erozijski djeluje samo indirektno. Naime, na jednoj i drugoj strani samoga slapa izgrađene su mlinice koje odvode, pogotovo ljeti, znatne količine vode, tako da često sama sedra ostaje bez vode. Zbog jake insolacije kojoj su izložene u to doba ove tvorevine, dolazi do njihova sušenja, pucanja i drobljenja. Nadolaskom većih količina vode ona ih lako odnese. Kako je u središnjem dijelu struja i količina vode nešto jača, to se onda i jače očituje njezino djelovanje. Za ovakvo tumačenje djelomične regresije ovoga slapa govori nam činjenica da se voda, kada prolazi preko same barijere, jednoliko prelijeva preko njene čitave širine.

I ovdje je intervencija čovjekova ukočila brži rast sedrene barijere. Kada bi sva raspoloživa voda protjecala preko barijere, ona bi stalno rasla, i erozijsko bi djelovanje imalo vrlo malo utjecaja. Ovako je barijerica izložena stalnoj opasnosti rušenja i lako je moguće da ova, ljudskom intervencijom uvjetovana, erozija sasvim uništi središnji dio slapa sve njegove prirodne podloge. Međutim, kako se čini, živa sedra koju stalno susrećemo po čitavoj širini slapa, raste ipak nešto brže nego što je ovo djelovanje erozije. To ima za posljedicu da slap poprima polukružni oblik.

Slične prilike možemo naći i pod prirodnim uvjetima, ali u tom slučaju sedrene tvorevine ostaju bez vode uslijed prirodnog pomanjkanja vode, kao što je to čest slučaj u našim krškim rijekama. Takav je npr. slap Kravice na rijeci Trebižatu u Hercegovini.

Ovaj slap nije jedino mjesto na tome području gdje se pojavljuju sedrene tvorevine. Naime, uzvodno i nizvodno mogu se zapaziti sedreni pokrivači koji se za sada nalaze još ispod razine vode.

Krupa

1. Sedra kod Stoponoge. Prve sedrene naslage u pritoci Krupi nalazimo oko 2 km nizvodno od izvora. To je zapravo sistem niskih kaskadica s visinom od 0.5—1 m koje se nizvodno smanjuju. Ovo su mjesto nazvali Sedra kod Stoponoge. Male dimenzije ovih slapića pokazuju da su to mlade tvorevine, ali se pri tome mora imati na umu da je ovdje temperatura vode relativno niska, pa se vapnenac izdvaja nešto sporije i pored vrlo visokog alkaliteta (oko 5).

Ovdje postoje prirodni uvjeti za mogućnost daljnjeg, iako nešto sporijeg, rasta ovih tvorevina. One su za sada sasvim izložene suncu, pa ih izgrađuju u glavnom sedrene životne zajednice svjetla (*Cinclidotus-Platyhypnidium-Rivolugammarus*-zajednica). Ako se još uzme u obzir da se ove sedrene naslage nalaze na teško pristupnom mjestu, onda postoji dosta vjerojatnosti da će se moći i dalje nesmetano razvijati.

2. Sastavci. Oko 500 m nizvodno utječe u rijeku potok Orovača, pa su se na tome mjestu — zbog jačeg prozračivanja vode — pojavile nešto povoljnije prilike za taložne procese. Stoga se ovdje razvila nešto viša barijerica s visinom oko 2 m koju zovu Sastavci, zbog spajanja sa spomenutim potokom.

Na ovome se slapu već znatno osjeća utjecaj čovjeka. Relativno mali pad vode iskorišten je za natapanje kukuruznih polja, koja su manjih razmjera, a smjestila su se na dnu uskog kanjona. Zbog toga veće površine slapa ostaju bez vode, tako da se i ovdje razvila gusta vegetacija grmlja i šikara, kao što je to slučaj kod Šupljikovaca na Zrmanji.

Utjecaj čovjeka na ovoj je barijerici znatan, pa će to u mnogome sprečavati njezin daljnji razvoj.

3. Panića buk. Smješten je za oko 2 km nizvodno od Sastavaka. To je barijerica visoka 3—4 m, a široka oko 20 m, koja prelazi u barijeru (fot. 4). Ima polukružan oblik, u središnjem dijelu zapažaju se početni stadiji stvaranja čunjeva, dok na rubnim dijelovima ima jako spuštene brade koje stvaraju prilično prostrane spilje. Polukružni oblik je ovdje uvjetovan nejednolikim prelijevanjem vode preko čitave barijerice, jer u središnjem dijelu protječe uvijek nešto više vode, nego na rubovima. Pri visokom vodostaju erozijska se djelatnost očituje uglavnom u središnjem dijelu.

Čitava je površina barijere osvijetljena i izložena suncu, pa se i ovdje razvila već spomenuta sedrotvorna životna zajednica svjetla. Taloženje sedre je sporo zbog relativno niske temperature vode, tako da ovu barijericu možemo smatrati starijom po njezinu postanku.

Utjecaj čovjeka ovdje se ne zapaža, što je neočekivano s obzirom na visinu pada. Ovu okolnost donekle objašnjava položaj slapa, koji je stisnut između strmih i visokih obala.

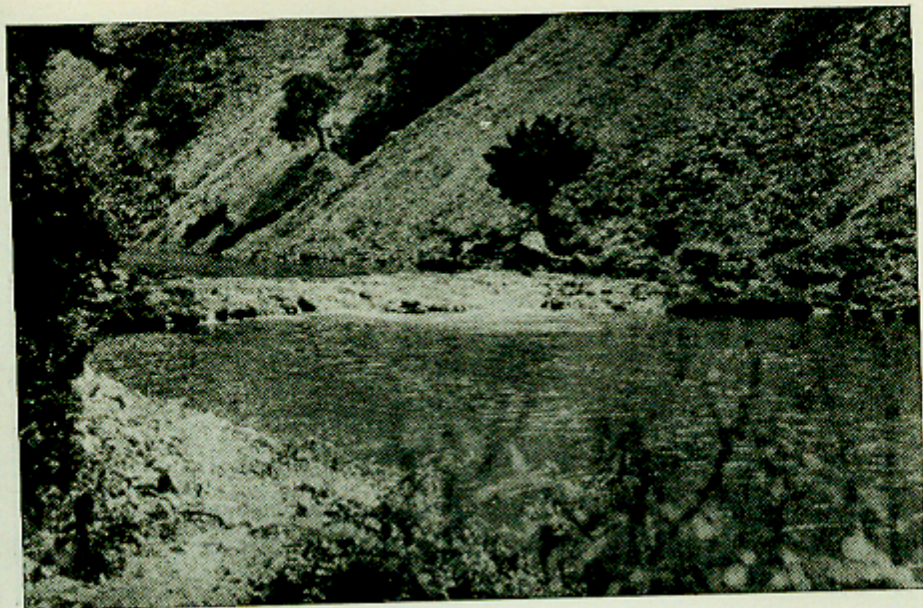
4. Sistem kaskadica kod manastira Krupe. Na ovom odsjeku rijeka naglo izlazi iz kanjonskog dijela u nešto proširenu dolinu, pa je time i ovdje stvorena mogućnost jačeg rasprskavanja vode, na što smo opetovano imali prilike osvrnuti se u ovome radu. Znači da su se i ovdje mogle razviti znatne količine sedre. To se odražava u čitavom

sistemu barijerica i kaskada od kojih su neke znatno visoke, pa se njihov pad iskorištava za vodenice i natapanje, čak i za pokretanje malog generatora za potrebe manastira. Pored toga, preko ovih sedrenih tvorevina vodi put do samog manastira. Stoga je ovdje očit utjecaj djelovanja čovjeka. To ima za posljedicu ne samo da mnogi dijelovi ostaju bez vode nego se čak dogodilo i to da je cesta na jednome mjestu sasvim urušila sedrenu podlogu.

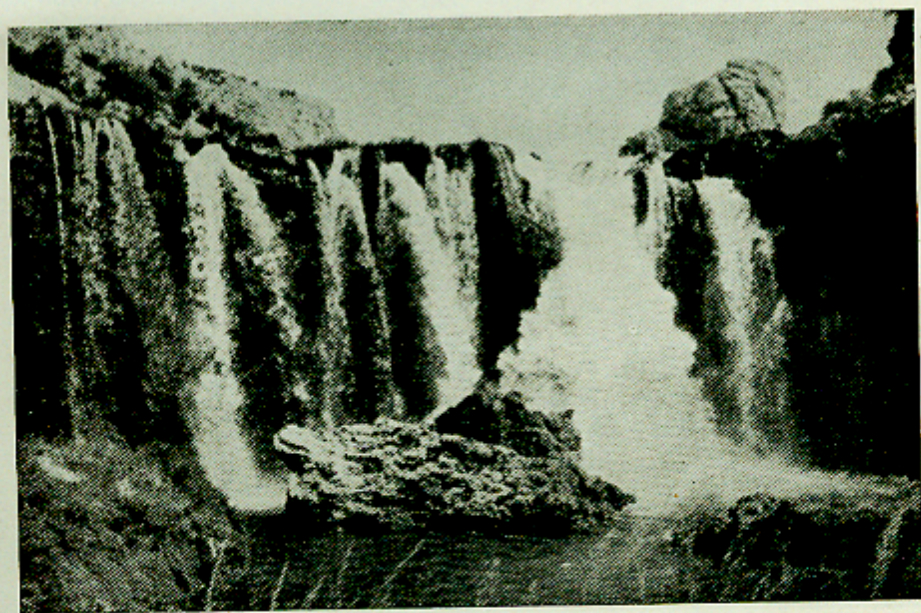
Razumljivo je da se pod takvim uvjetima sedrene tvorevine ne mogu normalno razvijati. Samo na nekim mjestima može se zapaziti rast žive sedre, dok su veći dijelovi barijerica izloženi propadanju. Jedino su male kaskadice koje predstavljaju embrione budućih barijerica ostale netaknute, i one se dalje razvijaju. Pod takvim uvjetima one će moći da se ubrzo razviju i u veće barijerice, jer se voda razlijeva po većoj površini što ne samo uzrokuje jače prozračivanje nego se na taj način voda nešto i ugrije. Međutim, daljnja njihova sudbina ne može biti zagarantirana, jer će se onda njihov pad koristiti umjesto onih koje su ljudskom intervencijom bile uništene i srušene.

Osnovne karakteristike taložnih fenomena. Ako se osvrnemo na izloženo stanje na pojedinim slapovima, vidjet ćemo da ne postoje svuda isti uvjeti razvoja sedrenih naslaga. Prevladavaju tvorevine mlađeg postanka ili pak takve koje sporo rastu. Dakle, to su pretežno slabo razvijene sedrene tvorbe. Za sve njih je, međutim, zajedničko da pokazuju stalnu tendenciju razvoja i pod prirodnim uvjetima one bi se, osobito slapovi u donjem toku rijeke Zrmanje i u rijeci Krupi, stalno razvijale u progresivnom pravcu. Ovaj razvoj koči na mnogim slapovima djelovanje čovjeka koji padove iskorišćuje za svoje svrhe, što dovodi do propadanja slapova. Jedino neki slapovi u gornjem toku, kao što je npr. onaj kod Palanke a djelomično i Visoki buk u donjem dijelu Zrmanje, urušavaju se i propadaju prirodnim putem. Naime, sadašnji hidrološki uvjeti koji vladaju u rijeci pokazuju previše velike razlike u vodostaju za vrijeme velikih oborina i ljeti, odnosno u vrijeme slabih oborina. Erozijska snaga vode za visokog je vodostaja prejaka, da bi sedrene tvorevine koje su se izgradile u ranijim povoljnijim periodima mogle izdržati tu snagu. Zbog toga se takve barijere ruše. I ovdje se mogu izuzeti samo one najmlađe sedrene naslage koje još nisu toliko izrasle da bi predstavljale neku veću zapreku rijeci. Takav je npr. slučaj s malim barijericama ispod Visokog buka i iznad njega.

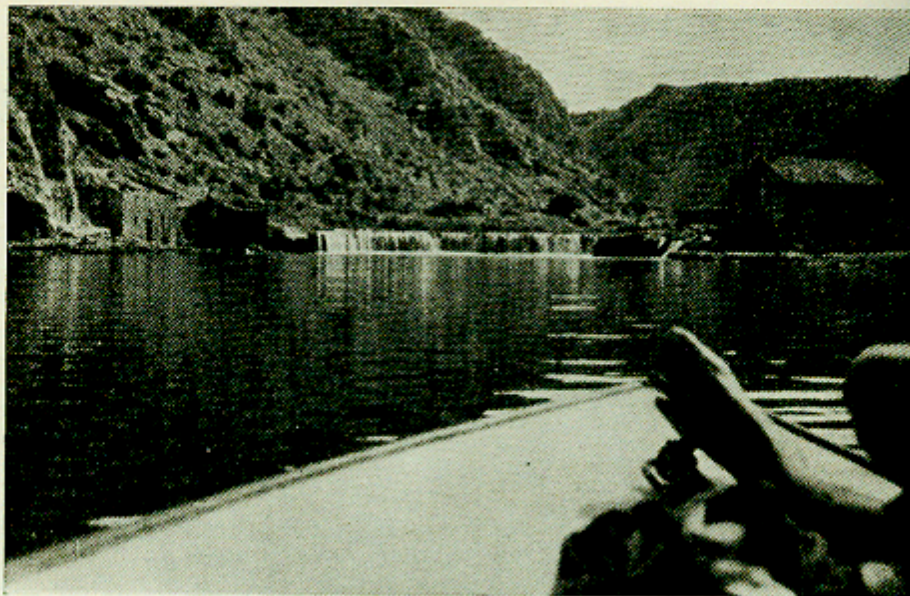
Na ovome mjestu možemo spomenuti da se mjestimično u koritu nalaze i umjetno stvorene barijerice. To je naročito u onome odsjeku, gdje ne postoje nikakvi uvjeti za taloženje sedre iz prostog razloga što nema vode u rijeci za vrijeme ljetnih mjeseci, kao što je slučaj u drugom odsjeku rijeke Zrmanje između Mokrog polja i Žegara. Tu se na nekoliko mjesta dovlačenjem kamenih gromada prepriječio put rijeci, pa su nastali padovi koji se koriste za mlinice, a manje i za natapanje. Takav je npr. slučaj kod Popovića i Vegića mlina u Mokrom polju, ali i na drugim mjestima. U posljednje vrijeme ovako dobiveni padovi manje se koriste zbog sve dužeg suhog perioda što ukazuje da se hidrološke prilike u rijeci



Fot. 1. Sistem kaskadica iznad Visokog buka na Zrmanji
Phot. 1. Kaskadensystem ober Visoki buk am Zrmanja

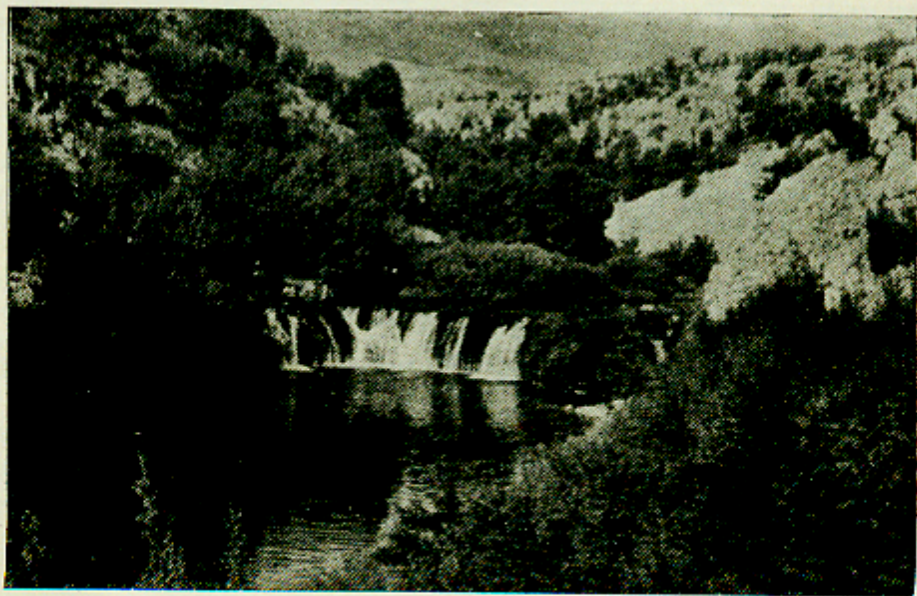


Fot. 2. Visoki buk
Phot. 2. Visoki buk



Fot. 3. Jankovci ljeti 1961.

Phot. 3. Jankovci im Sommer 1961.



Fot. 4. Panića buk na Krupi ljeti 1961.

Phot. 4. Panića buk am Krupa in Sommer 1961.

ovoga područja pogoršavaju. Mještani smatraju, a to smo mogli i mi zapaziti, da je takvo stanje dobrim dijelom uvjetovano sve većim natapanjem u gornjem toku rijeke.

Budućnost će se u mnogome izmijeniti ukoliko se ostvari plan izgradnje hidrocentrala u tome području. Po svemu sudeći, ti će se planovi uskoro i ostvariti, jer su u toku opsežna hidrološka i geološka ispitivanja.

Zaključak. U ovom su radu izneseni rezultati istraživanja koja su vršena tokom ljeta 1961. g. Zbog geomorfoloških i hidroloških razlika područje istraživanja je podijeljeno na četiri odsjeka. Rijeka Zrmanja stvara relativno znatne količine sedrenih tvorevina, pa su u posebnom poglavlju obrađeni oblici sedrenih naslaga, kao i faktori koji utječu na njihovu izgradnju.

Radi posebnih geomorfoloških prilika opisana su i izvorišna područja rijeke Zrmanje i Krupe.

Fenomeni taloženja uvjetovani su fizičko-kemijskim i biološkim faktorima, pa su oni za svaki odsjek rijeke posebno obrađeni.

Ustanovljeno je da sedreni slapovi na rijeci Zrmanji i Krupi nisu u stabilnom stanju, već se razvijaju ili razaraju. U tom pogledu dat je prikaz svakog slapa posebno, kako na Zrmanji, tako i na pritoku Krupi. Na osnovu toga ustanovljeno je da je za gotovo sve slapove zajedničko što pokazuju stalnu tendenciju razvoja. Jedino neki slapovi u gornjem toku Zrmanje (Palanka i donekle Visoki buk) propadaju prirodnim putem, najviše zbog neravnomjernih hidroloških prilika u rijeci. Znatno veći broj slapova usporen je ljudskom intervencijom u razvoju, a neki su i znatno oštećeni (mlinice, natapanje polja i sl.).

U svemu je obrađeno pet sedrenih slapova na Zrmanji i 4 na Krupi.

LITERATURA:

- J. CVIJIC, Geomorfologija, knj. 2, Beograd 1926.
 S. ILEŠIĆ, Rečni režimi v Jugoslaviji. — Geografski vestnik, 19, 1—4, 1947.
 F. KOCH, Tektonika i hidrografija u kršu. — Vljesti Geološkog zavoda 1 (Poseban otisak).
 I. MATONIČKIN i Z. PAVLETIĆ, Zivotne zajednice na sedrenim slapovima rijeke Une i u brzicama pritoke Unca. — Acta Musei mac. sc. nat. 6, No 4, 1959, Skopje.
 I. MATONIČKIN i Z. PAVLETIĆ, Prilog poznavanju biocenoza na sedrenim naslagama rijeke Plive u Bosni. — Arhiv bioloških nauka sv. 1—4, 1959, Beograd.
 I. MATONIČKIN i Z. PAVLETIĆ, Contributo alla conoscenza dell'ecologia delle biocenosi sulle cascade travertinose nella regione carsica jugoslava. — Hydrobiologia, Haag 18, 225—244, 1961.
 I. MATONIČKIN i Z. PAVLETIĆ, Contributo alla conoscenza dell'ecologia e ihre Bedeutung für Erzeugung und Erhaltung der Kalktuffwasserrfälle. — Archiv für Hydrobiologie (U štampi).
 B. Ž. MILOJEVIĆ, Geomorfološka promatranja u dolinama Krke i Cikole. — Glasnik Geograf. društva, sv. 9, 1925.
 B. Ž. MILOJEVIĆ, Glavne doline u Jugoslaviji. — Beograd 1951.
 V. ROGIĆ, Velebitsko-primorska padina. — Radovi Geografskog instituta, knj. 2, Zagreb 1958.

- J. ROGLIĆ, Unsko-koranska zaravan i Plitvička jezera. — Geomorphološka pro-
matranja. — Geografski glasnik 13, 1951.
R. SCHUBERT, Entstehungsgeschichte der vier dalmatinische Flusstälen (Krka,
Zrmanja, Cetina, Neretva). — Petermanns Geogr. Mitt. 1910, Heft 1.
Z. THALLER, Rasprostranjenje i popis slatkovodnih riba Jugoslavije. — Glas-
nik prirodnjačkog muzeja srpske zemlje, Serija B, knj. 5—6, 1953.
P. S. WELCH, Limnology, New York, 1952.

ZUSAMMENFASSUNG

Kalktuffablagerungen am Flusse Zrmanja von biologischen Standpunkt

I. Matonićkin und Zl. Pavletić

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse unserer Forschungsarbeiten, welche wir im Laufe des Sommers 1961. am Flusse Zrmanja in Dalmatien von ihrer Quelle bis zur Mündung in das Meer vorgenommen haben, dargestellt. Infolge der geomorphologischen und hydrologischen Verschiedenheiten des Forschungsgebietes, haben wir dasselbe in vier Teile eingeteilt. Der Fluss Zrmanja erzeugt verhältnismässig grosse Mengen von Kalktuffablagerungen, und deswegen haben wir die Formen der Kalktuffbildungen in einem besondern Abschnitt behandelt. Hier haben wir auch die Faktoren, welche ihre Ausbildung beeinflussen, auseinandergelegt.

Wegen der besonderen geomorphologischen Bedingungen haben wir auch die Quellengebiete der Flüsse Zrmanja und Krupa näher beschrieben.

Die Ablagerungserscheinungen des Kalktuffes werden durch besondere physikalisch-chemische und biologische Faktoren hervorgerufen, und deshalb haben wir dieselbe für jede Abteilung des Flusses besonders erörtert.

Durch unsere Untersuchungen stellen wir fest dass die Kalktuffwasserfälle an der Flüssen Zrmanja und Krupa keine standige Form haben, sondern dass dieselbe veränderlich ist, und zwar in einer fortschreitender oder rückschreitender Richtung. In diesem Sinne haben wir jeden Wasserfall besonders behandelt und beschrieben, sowie auf den Flusse Zrmanja, wie auch auf seinem Zufluss Krupa. Auf Grund dieser Untersuchungen konnten wir feststellen dass sich beinahe alle diese Wasserfälle in einer fortschreitender Entwicklung befinden. Nur bei einigen Wasserfällen oberen Laufe des Flusses Zrmanja (Palanka und Visoki buk) ist ein Zustand des natürlichen Rückganges eingetreten, und zwar infolge der ungleichmässigen hydrologischen Bedingungen in dem Flusse.

Eine beträchtlich grössere Zahl der Wasserfälle erleidet eine Verzögerung in ihren fortschreitenden Entwicklungslauf, bei manchen ist sogar eine rückläufige Entwicklung eingetreten, hauptsächlich infolge des ungünstigen Einflusses des Menschen (wie z. B. Wassermühlen, Bewässerung u. a.).

In dieser Abhandlung haben wir über 5 Kalktuffwasserfällen auf Zrmanja und 4 auf Krupa berichtet.

(Übersetzt von Verfassern)