



JE LI KRŠKA UVALA PRIJELAZAN OBLIK IZMEĐU PONIKVE I KRŠKOG POLJA?

J. POLJAK

Uvalu kao morfološki oblik krša u stručnoj literaturi krša prvi spominje J. Cvijić² g. 1901. Kao što riječ »dolina« nije sretno odabran izraz za ponikve, tako i riječ »uvala«, a i »polje« nemaju ona značenja, za koja je J. Cvijić^{1,2} uzeo te oznake. Stoga je potrebno, da se uz izraze uvala i polje, ako su u pitanju morfološki oblici krša, doda oznaka »krška uvala« i »krško polje« kako je to učinio i J. Cvijić² označivši ih sa »Karstmulde« i »Karstpolje«, što je uostalom predložio i Grund³ za krška polja. Za pojam krške uvale ima naš narod razna imena, u Gorskom Kotaru nazivaju je »draga« a katkada, ako je uvala obrasla gorskim košanicama, zovu je »Laze«. Na Velebitu postoji za krške uvale izraz »duliba«, a u južnom Velebitu uz dulibu postoji i izraz »korito«, na koji izraz nailazimo i u zapadnoj Bosni i Crnoj Gori. U Velikoj Kapeli postoji riječ »uvala«, »poljana«, i »duliba«.

Naziv »duliba« spominje Cvijić¹ kao oznaku za ponikvu na Velebitu, što ne odgovara narodnom označivanju, jer na Velebitu i u Lici uopće narod označuje ponikve imenom dolac ili dočić, a rjeđe ponikva, dok je izrazom duliba kao i izrazom korito točno označen oblik, koji odgovara Cvijićevoj krškoj uvali. Rijetko je koji dio krša tako bogat krškim uvalama kao što je Velebit. Na sjevernom Velebitu dolazi Senjska duliba Veliki Lom, Ledena draga, Crni Dabar, Proseni Dolac, Jezera, Apatišanska duliba, Lomska, Jerkova, Miškulinska, Crna, Klepina, Vrbanska i Smojverska duliba, a u južnom Šugarska i Šajina duliba, pa Ramino i Šugarsko korito uz neke druge dulibe i korita. Korita su obično uže krške uvale od duliba, a ove potonje su znatno uže od krških polja. Krške se uvale nalaze najčešće na Velebitu u aps. visinama između 900—1250 m, pa ih na tim visinama ima i u zapadnobosanskom kršu. Ima krških uvala i u nižim dijelovima dinarskog krša na raznim aps. visinama. Dobro razvijenih krških uvala na aps. visini od 120—250 m ima u kršu Dalmacije između Perkovića i Labina, kao na pr. sjeverozapadno od Labina uz sjeveroistočno podnožje Labišnice, južno od sela Prapatnice između sjevernih izdanaka brda Prapatnice i Labišnice i dugačka krška uvala između zaselka Dolac i zaselka Gornji Dolac ispod željezničke pruge Split—Knin.

Krške su uvale po nekoliko puta dulje nego što su široke, neravnoga su, obično stjenovitog dna ispunjenog većim ili manjim ponikvama zdjelicačastog i ljevkastog oblika, strmih obih strana kao kod Velikog Loma i Ramina Korita, ili im je pak jedna strana strmija, a druga položitija kao kod Senjske i Apatišanske dulibe. Okružene su unaokolo 160—200 m, visokim a katkada i višim gorskim hrptovima. Tamo, gdje se vezuju na slijedeću uvalu, kao na pr. između Velikog Loma i Lomske dulibe na sjevernom Velebitu, odijeljene su međusobno višom priječkom, ili nižim prešibom tla, kao na pr. između krške uvale Jezera i krške uvale Dašćevac na sjevernom Velebitu. Smjer njihove dulje osi obično je usporedan sa tektonskim pravcima dinarskog smjera, t. j. NW-SE. Ima krških uvala, kao na pr. Šuđarska duliba na južnom Velebitu, Crna Duliba u sjevernom, i krška uvala južno od sela Prapatnice, kojima je dulja os okomita na dinarski pravac pružanja naslaga, ili ga siječe pod tupim kutom, dakle, dulja os ide smjerom drugog niza tektonskih pravaca više ili manje okomitih na prije spomenuti tektonski pravac. Ta dva smjera tektonskih pravaca kao tektonskih pravaca prvog reda u dinarskim planinama bili su, a i danas su od presudne važnosti za geološku strukturu tih planina, a time i za oblikovanje krškog reljefa planina dinarskog krša. Krške su uvale redovno bezvodne, pa osim lokve ili ruje drugih voda nema u uvalama. Uleknuća u kršu, u kojima se javljaju stalne ili periodičke vode, nisu krške uvale nego ponikvaste uvale ili mala krška polja. Bezvodnost krških uvala Velebita, Velike i Male Kapelle, planina Gorskog kotara i zapadne Bosne jedna je od bitnih osobina, koja dijeli kršku uvalu od krškog polja. U krškim uvalama nema jezerskih ni riječnih taložina, dolaze samo obronačne ilovine i crljenica kao produkti rastrožbe sa strana uvale i s njezina dna. Krške uvale ošumljenog krša katkada su, kao na pr. kod Ramina Korita ili Velikog Loma, prekrivane tanjim humusnim slojem, koji je obrastao travom koliko u dnu, toliko i na stranama uvale do visine strmih odloma.

Nekoje uvale golog krša, kao Proseni dolac u Velikoj Kapeli i Crni Dabar u sjevernom Velebitu, pokriveni su debljim slojem obronačnih ilovina i crljenice u dnu uvale tako, da je dno manje više izravnano i bez ponikava, strane su gole i stjenovite, a tlo dna se obrađuje, pa se stoga znatno približuju krškim poljima, s tom razlikom, što su bezvodne i manjih dimenzija. Važna je značajka krških uvala njihov izraziti paralelitet s glavnim tektonskim linijama dinarskog krša. Iz geološke strukture svake krške uvale vidljivo je, da je njena uzdužna os usporedna s tektonskim pravcem. U većini slučajeva to je pravac dinarskog pružanja, t. j. NW-SE, a rjeđi su slučajevi, da je uzdužna os okomita na spomenuti smjer NW-SE, ili da ga siječe pod tupim kutom. Povezanost krških uvala s tektonskim pravcima izražena je s razvojem uvale uz tektonski pravac, što se dobro očituje u dnu kao i na stranama uvale. Ako tektonski pravac prolazi sredinom dna krške uvale, obje su strane uvale strme i podjednako nagiba, kao na pr. kod Krasanske Dulibe, Kuterevske Dulibe i velikog Loma na sjevernom, pa kod Ramina Korita na južnom Velebitu. U dnu uvale uz tektonski pravac razvijen je niz ponikava kojiput linearno poredanih, dok su slojevi vapnenačko-dolomitnih stijena nagnuti prema dnu uvale gotovo pod istim kutom nagiba. Prema tome u poprečnom presjeku dobiva se si-

metričan profil oblika uvale, dok je geološki profil sličan sinklinalnom poredaju slojeva, pošto su izdizanjem strana uvale uz lomni pravac slojevi zadobili prividni sinklinalni položaj. Ona strana krške uvale, koja je jače uzdignuta, pokazuje u gornjim dijelovima strme odlome slojeva. Uvale tog tipa uskog su i manje neravnog dna. Ako lomni pravac ide uz bilo koju od strana uvale, a redovno ide sjeveroistočnom stranom, kao na pr. kod Apatišanske i Vrbanske dulibe, tada je ta strana strmo odlomljena, dok je protivna strana položitija s istim smjerom pada slojeva, samo s manjim kutom pada. Dolinsko dno je posve neravno, uz lomni pravac najniže, pa se prema protivnoj strani postepeno uzdiže, što je razlogom znatno širem dnu, koje je redovno puno malih i većih ponikava nepravilno porazmještenih, kao na pr. na Vrbanskoj dulibi ili na Rbljini između Kupreškog i Glamočkog polja. Oblik prereza uvale asimetričan je, s nagnutim posve neravnim dnom prema lomnom pravcu.

Iz toga se vidi, da je razvoj krških uvala ovisan o tektonskim pravcima prvoga reda, i da su ti pravci uvjetovali postanak krških uvala. Prema tome su uvale tektonskog značaja, a ne erozionog poput ponikava, pa stoga njihov postanak nema nikakve međusobne razvojne veze s ponikvama dinarskog krša.

Kod postanka ponikava tektonika je stvorila samo predispoziciju u vapnenačkim stijinama na taj način, da je uz tektonske pravce jače zdrobila vapnenačko-dolomitne stijene i isprekrižala ih pukotinama razne jačine i raznih smjerova. Tek nakon te predispozicije bila je omogućena oborinskim vodama eroziona djelatnost u vertikalnom smjeru, a s tim i razvojna izgradnja ponikava. Kod postanka ponikava glavnu je dakle funkciju vršila erozija, dok je za stvaranje krških uvala tektonika bila glavni i odlučujući faktor, a erozija je imala podređenu ulogu.

J. Cvijić² naročito ističe paralelitet krških uvala, krških polja i ponikava sa pružanjem slojeva. Govoreći o krškim uvalama, kaže doslovce ovo: »Sie treten stellenweise so zahlreich auf und sind von solch einer grossen Bedeutung, dass sie die horizontale parallele Struktur, den Parallelismus der Grate auf den Karstrücken bewirken«. Da je Cvijić u svojoj analizi o paralelitetu krških uvala, krških polja i ponikava s pružanjem slojeva pošao korak dalje, vidio bi, da razvoj tih oblika nije uvijek vezan na paralelitet s pružanjem slojeva, i da ima krških uvala, krških polja i još više ponikava, koje nisu usporedne s pružanjem i padom slojeva. U dijelu Velike Kapele sjeverno od Senja sve naslage vapnenaca i dolomita Jure imaju pružanje N-S, pa unatoč tome gorska bila nemaju taj pravac, nego dinarski pravac NW-SE kao Ričičko bilo, Kolovratske Stijene, Mala Javornica i. t. d. Isti je smjer duže osi i kod krških uvala Dulibe sjeveroistočno od Ričičkog bila, Dulibe sjeveroistočno od Kolovratskih Stijena, Petnja i Crne doline jugozapadno od Kolovratskih Stijena. Krška uvala Miškovića i Gornje Drežničko krško polje imaju svoje dulje osi okomito na pravac pružanja slojeva. Svi ti primjeri pokazuju, da smjer gorskih bila, krških uvala i krških polja nije ovisan o pružanju slojeva, nego o tektonskim pravcima, koji su uzročnici tih smjerova velikih krških oblika. Stoga je K a t z e r F.⁴ posve ispravno naglasio, »da prave ponikve nisu ni na koji način vezane na položaj slojeva, i da se uzdužna os

kod krških uvala, i kod krških polja ne mora poklapati s pružanjem slojeva. Ako je to kod mnogih polja redovna pojava, razlog je tome taj, što se zbog opće tektonike istočnojadranskog područja tektonski poremećajni pravci, na koje se nadovezuju krška polja, poklapaju s pružanjem slojeva. S tim glavnim tektonskim pravcima poklapaju se obično, kako smo vidjeli, dulje osi krških uvala i nekih polja, dok se smještaj ponikava rjeđe podudara sa spomenutim tektonskim pravcima. Tektonski su pravci onaj čimbenik, koji je prouzrokovao, da se gorski grebeni podudaraju s uzdužnom osi mnogih krških uvala i polja, kao i s pružanjem slojeva. Krške uvale nisu svojim razvojem mogle prouzročiti paralelitet gorskih grebena, jer su one kao i grebeni uvjetovani glavnim tektonskim linijama smjera NW-SE i okomito na taj smjer.

Stoga, polazeći sa stanovišta postanka krških uvala, ne mogu se smatrati krški oblici, koji su postali stapanjem dvaju ili više ponikava, krškim uvalama. Takvi su oblici vrlo rijetki u hrvatskom i zapadnobosanskom dijelu dinarskog krša, a ukoliko ih ima, pokazuju sve bitne značajke ponikava s izmijenjenim ljevkastim oblikom u izdužen ovalni oblik.

Međutim u literaturi o kršu pretežno se pod uvalom misle stanoviti oblici ponikava. Tako Maulj¹⁰ u svojoj »Geomorphologie« kaže, »da je uvala ili zdjelčasta ponikva mnogo plića od ponikve«. Uvala je po njemu zreliji oblik ljevkaste ponikve, ili je nastala od više ponikava uništavanjem priječke između ponikava«. J. Cvijić u svojoj raspravi o krškim poljima zapadne Bosne 1901. g. ispravno karakterizira kršku uvalu, a u svojoj Geomorfologiji II. str. 402. 1926. god. kaže; »Za velike vrtače uzeo sam termin uvala...« dok na str. 401. kaže: »Uvale su karsna uleknuća veća od vrtača, od nekoliko stotina metara, po nekad i 2—3 km dužine, na njihovom dnu ima po pravilu više vrtača, čije su pregrade niže no okvir uvale. Kadšto se nazovu i koritima«. Ova potonja definicija »krške uvale« slaže se po Cvijiću s onom iz godine 1901. Prema tome riječ krška uvala nema jedno morfološko značenje budući da se jednim te istim morfološkim pojmom označuju dva oblika, koja su razna po načinu svoja postanka kao i po razvoju dna i strana kod ponikava i krških uvala. Jedan je postao na isti način kao i ponikva, a drugi je oblik vezan na tektonske pravce i postao je sličnim načinom kao i tektonska polja.

Promatrajući dna i strane krških uvala, koje su postale stapanjem ponikava, vidimo i kod krških uvala uz tektonske pravce velike razlike u razvoju dna i strana. Strane, a pogotovo dno krških uvala, nastalih stapanjem ponikava, ne pokazuju redovno stari krški reljef, jer je taj erozijom i denudacijom uništen. Katkada se njegovi zaostaci nalaze još sačuvani na gornjim dijelovima strana, dok se na dnu zapažaju viši ili niži preostaci prečke, koja je rastavljala ponikve, pa su to obično jedine neravnosti na dnu nastale uvale. Kut nagiba strana ostao je redovno isti kao i kod ponikava, a nešto je veći nagib na onim mjestima, gdje su bile kamene pregrade između ponikava. Dno je obično uravnjeno i bez kamenog kršlja pa je u većini slučajeva pokriveno, kao i strane, tanjim slojem humusa i obraslo je travom. Ovakve, kako bi ih mogli nazvati, ponikvaste uvale rijetko su kada okružene visokim gorskim grebenima. Obično se nešto iznad njih uzdiže ravan, u kojoj se nalaze, ili niski stjenoviti grebeni,

koji zatvaraju uvalu unaokolo. Kod njih nije redovna pojava, da im je dulja os usporedna s gorskim grebenima, nego imaju isti smjer, koji su imale ponikve, ako smo spojili krajnje crte dolinskog dna ponikava, pa ima slučajeva, gdje ponikve, iz kojih je nastala ponikvasta uvala, nisu bile linearno postavljene nego nepravilno, tako da je uvala zadobila povinut oblik. Ako su ponikvaste uvale nastale od velikih ponikava, što je vrlo rijedak slučaj, tada je dno uvale znatno šire i manje ravno, a strane su strmije, jednakog nagiba na obje strane i obično gole, s jako razlomljenim vapnenačkim slojevima. Česta je pojava, da se na stranama takvih uvala vrlo teško raspoznaje pružanje slojeva, a na dnu je vidljiva niska široka prečka, kao ostatak pregrade između ponikava, kako se to vidi na ponikvastoju uvali periodički inundiranoj, sjeverno od stanice Škrljevo, zvanog Kukuljanovo jezero. Zbog toga je dno neravno i laganog pregiba između dviju ponikava, pa će konačnim nestankom ostataka pregrade nastati ravno dno. Ponikvaste uvale po svome su postanku ponikve izmijenjenog oblika zbog uništavanja pregrade između dviju ponikava. Pojedinačne velike ponikve ostaju ponikve i ne mogu se svrstati u tip ponikvastih uvala, kako ih svrstava Cvijić, jer zato nema nikakvog razloga. Nekoje velike ponikve, kao na pr. Ravni Dabar u sjevernom i Šjuševac u južnom Velebitu, prije bi se mogle smatrati malim krškim poljima, pošto su ravnog širokog dna, a i geološka struktura područja, koja ih okružuju, upućuje, da nisu erozioni oblici, nego oblici uvjetovani tektonskim pokretima s naknadnim erozionim i denudacionim djelovanjem.

Krške uvale, koje su uvjetovane tektonskim pravcima, bitno se razlikuju po morfološkim osobinama od ponikvastih uvala. Glavne osobine tih uvala već smo naveli, pa bi ovdje još istakli neke značajne pojave, koje su važne za poznavanje morfogeneze krških uvala kao i krša uopće. Uzme li se u obzir vertikalni smještaj krških uvala, tada vidimo, da su one razmještene u raznim visinama tako, da se visine jednog niza krških uvala Velebita podudaraju s visinama krških uvala Dinare (u širem smislu), Velelike i Male Kapele, Plješivice, Svilaje, kao i na gorskim ravnima oko zapadnobosanskih krških polja. Na sjevernom Velebitu leži krška uvala Jezera na visini od 1426 m, Apatišanska Duliba 1142 m, Lomska Duliba 1130 m, Franjkova duliba 1144 m, Franjkova Draga 1223 m, Dulibica 1312 m, Klepina Duliba 1120 m, Smojverska Duliba 1110 m, na južnom Velebitu su Šugarsko korito 1000 m, Ramino korito 930—965 m, Šugarska duliba 1200 m.

U Gorskom Kotaru, gdje ne postoje ulančani gorski grebeni, nego je visoka ravan raščlanjena na pojedine gorske sklopove, kao na pr. Snježnički, Risnjački, Obručki sklop uz neke druge, krške su uvale znatno manjeg opsega od onih Velebita i zapadnobosanskih planina. Njihova dulja os obično je u odnosu 1 : 3, a rijetko kada više. Razvoj manje više samostalnih gorskih sklopova razlogom je, da je visoka gorska ploča uz brojne tektonske pravce dinarskog i na njeđa okomitog smjera bila duboko raskomadana, tako da krških uvala, koje svojim vertikalnim smještajem odgovaraju pojašu krških uvala iznad 1.000 m, ima malo. Od značajnih uvala iznad 1.000 m jest Platak na 1111 m, Lazac na 1061 m, Ravno na 1023 m između Trstenak-vrha i Sušica-vrha, Smrekovac uz istočno pod-

nožje Vel. Risnjaka na 1214 m. Značajno je, da je dno tih krških ravni prekrto humusom i travnatim sagom kao i ponikve, koje se nalaze na dnu; dno je pretežno ravno, a neravnosti u obliku niskih prečaka snižene su tako, da iz daljega dno izgleda posve ravno. Ponikve su plitke, ljevkastog oblika, rijetko koja ima u dnu kamenog kršlja, a isto su tako i njihove strane pod humusnim pokrovom, rjeđe stjenovite. Strane krške uvale blažih su nagiba, obično pošumljene, a gdje nema šume, tu su suvati iz kojih proviruju vapnenačko-dolomitne stijene. Pošumljeni dijelovi uz rub dna prekriveni su humusom, a na višim dijelovima su gole stijene često sa razvojem škrapa s manje više tupim međurebrima, pa su i ostali oblici više zaobljeni prema oblicima golog krša.

U Velikoj Kapeli pojas krških uvala gotovo i ne postoji, jer su u tim visinama najviši gorski grebeni Velike Kapele. Samo na sjeverozapadnom dijelu postoje krške uvale na visini između 960—1100 m kao Bristova Draga južno od Mrkoplja, Matića poljana južno od sela Tuk, pa Okruglica, Duga, Vrbovska i Milivojka poljana između zapadnog podnožja Bjelolasice i istočnog podnožja gorskog grebena Samar-Jančerića-Bucala, a uz sjeverno podnožje Bjelolasice nalazi se Žuta poljana. Bristova Draga sva je obrasla gustom i visokom šumom bjelogorice, pa joj je dno kao i strane djelomično pokriveno humusom i ilovinom. Dno je neravno, s ponikvama ljevkasta oblika, čije su strane pretežno stjenovite i urešene rijetkim škrapama. Između ponikava nalaze se veliki kameni blokovi, koji potječu dijelom od starog krškog reljefa, koji se tu dobro sačuvao zbog polaganog djelovanja krške erozije i denudacije u šumom prekrivenoj uvali, a dijelom potječu sa strana uvale, odakle su bili odlomljeni prilikom stvaranja uvale. Vapnenačke stijene na stranama uvale razlomljene su, pa se sjeveroistočna strana strmo uzdiže do gorskog grebena, dok je zapadna položitija i u najgornjem dijelu prelazi strmim odsjekom u gorski greben. Matića, Okruglica i Vrbovska poljana nešto su ravnijeg dna, ponikava ima u njima malo, pa su plitke s malim kutom nagiba, a rubovi su zaobljeni s laganim prijelazom u ravno dno. Obično su pokrivene kao i dno humusom i obronačnim ilovinama i obrasle travom. Po dnu proviruju iz humusa viši ili niži ostjenci kao preostaci međugrebena između ponikava i preostataka jačih izbočina starog krškog reljefa. Krške uvale Okruglica, Duga, Vrbovska i Milivojka poljana vezane su na jedan zajednički tektonski pravac dinarskog smjera, t. j. NW-SE tako, da su međusobno odijeljene vapnenačkom širom prečkom i izdižu se jedna iznad druge stepeničasto od NW prema SE pa je najniža stepenica Okruglica na oko 1015 m, Duga poljana na 1090 m, Vrbovska na 1130 m i Milivojka na 1190 m, na kojoj je visini i Žuta poljana. Sve su te uvale bezvodne i u većem dijelu obrasle na dnu i po stranama crnogoričnom i bjelogoričnom šumom. Na dnu uvala preteže crnogorica. Dalje jugoistočno od spomenutih krških uvala, na Velikoj Kapeli iznad 1000 m nema krških uvala, budući da glavni i najviši grebeni dosežu visine, na kojima se nalaze krške uvale već označenih područja. Slične prilike vladaju i na Maloj Kapeli. Unatoč pomanjkanju krških uvala na tim dijelovima Velike i Male Kapele glavni gorski grebeni imaju pravac NW-SE, što dokazuje, da nisu

uvjetovani razvojem krških uvala, nego glavnim tektonskim pravcem dinarskog smjera.

U Plješevici se uz sjeveroistočni obronak glavnog gorskog bila Velike Plješevice nalazi dugačka krška uvala, koja je razdijeljena višim prečkama tako, da je najniža uvala na sjeverozapadu na visini oko 1050 m, pa se uzdiže stepenicom na 1102 m, a odavle dalje prema sjeveroistoku do stepenice na 1196 m spuštajući se prema kraju uvale na 1109 m. Narod zove sve te uvale imenom Uvala. Istočno od krajnjeg sjeveroistočnog dijela Uvale nalazi se kraća krška uvala oko 2,4 km duga zvana Trolokivica, koja siječe dinarski pravac pod tupim kutom, a nalazi se na visini 1079 m na zapadnom dijelu uvale i 1085 m na istočnom dijelu. Jugozapadna strana Uvale omeđena je pošumljenim strmim bokom Plješevice, koji se uzdiže 300—500 m iznad Uvale, dok je sjeveroistočna strana omeđena krškom ošumljenom ravni, koja je oko 200—250 m viša od dna uvale, a koja se ostrim pregibom strmo ruši prema krškoj ravni Baljevca. Dno svih spomenutih krških uvala neravno je s ljevkastim ponikvama, kojih ima dužinom Uvale, a djelomično je pošumljeno i obraslo niskom travom. Orografska os Plješevice od jugoistočnog dijela grebena Male Plješevice skreće iz dinarskog pravca u pravac sjever-jug, koji smjer ima i glavni greben Plješevice s najvišim usponom tla Ozeblin na 1657 m. Uz istočnu stranu toga dijela Plješevice razvile su se prostranije uvale, kao Donja Kamenska, Veliko i Malo Kamensko. Prva ima dulju os usporodnu s orografskom osi toga dijela Plješevice, dakle pravca N-S, dok dulja os ostalih dviju uvala stoji okomito na taj smjer, t. j. ide od W prema E. Najniže leži krška uvala Veliko Kamensko (901—919 m) pa je od uvale Donje Kamensko, koja leži sjeverno, odijeljena oko 25 m visokom stepenicom, tako da se dno Donjeg Kamenskog postepeno uzdiže od juga sa 944 m prema sjeveru na 994 m. Prema jugu odijeljeno je Veliko Kamensko niskom položitom stepenicom od ravni zvane Tavan, dok je Malo Kamensko dalje južno od Tavana na visini 1014 m. Sve se tri krške uvale nalaze u jurskom dolomitu, pa se stoga razlikuju većom širinom od ostalih krških uvala, blagim razvojem strana, a od krškog reljefa zaostale su u dnu ljevkaste pliće ponikve, dok Veliko Kamensko ima na sjeverozapadnoj strani nekoliko dolinskih plitkih zarezova u dolomitnom južnom podnožju brda Vitoroga (1259 m). Strane su obrasle šumom, a dno košanicama, pa je kod Velikog Kamenskog močvarno za vrijeme oborina, jer dolomit teže propušta oborinske vode. Prema istoku od krških uvala pruža se vapnenačka krška ravan, koja se postepeno spušta do aps. visine od 550 m, sve do lijeve obale rijeke Une, gdje se ruši strmim odlomom 250—300 m duboko.

Dinara planina (u širem smislu) visoka je krška ravan aps. visine 1000—1400 m, iz koje se izdižu pojedini vrhovi od 1400—1900 m bez suvislog gorskog grebena najviših gorskih uspona. Orografska os ima smjer NW-SE, pa taj dinarski smjer uglavnom imaju i slojevi vapnenačko-dolomitnih stijena, koje izgrađuju Dinaru. Cijela dinarska vapnenačko-dolomitna ploča nagnuta je od sjeveroistoka prema jugozapadu, pa je na sjeveroistoku strmo odlomljena do Livanjskog polja i Buškog Blata, dok je prema jugozapadu strmo odlomljena do stepenice na 400—500 m, a ova

je opet odijeljena strmim odlomom do doline Cetine. Sva su tri odloma uvjetovana tektonskim pravcima dinarskoga smjera, na kojem stoje okomito tektonski pravci, koji osobito dolaze do izražaja uz Cetinu i koji duboko zalaze u trupinu prve ravni odnosno stepenice Dinare. Sjeveroistočno od Dinare između Livanjskog i Glamočkog polja ta se visoka ravan nastavlja, a iz nje se dižu gorski hrptovi Staretine, Čatrnje, Slovin-, Krug- i Golije-planine. Ravan je tu nešto uža od ravni Dinare, ali se sjeveroistočno nastavlja u mnogo širu visoku ravan između Glamočkog i Kupreškog polja. Sve su te površi apsolutne visine 1000—1400 m, iz kojih se izdižu 200—900 m pojedini gorski vrhovi ili gorski grebeni dinarskoga pravca. Uz te visoke gorske ravni postoje i niže u aps. visinama 600 do 800 m kao i između 300—500 m, a i niže, kako je to sprijeda spomenuto. Svaki niz tih ravni može se pratiti kroz sve planine hrvatskog i zapadnobosanskog krša, pa su za svaki takav niz vezane i krške uvale, odnosno krška polja. I u tim visinama sve su krške uvale razvijene uz spomenute tektonske pravce, a i krška polja tih područja razvijena su uglavnom uz te pravce, uz koje se javljaju katkada i drugi smjerovi tektonskih pravaca, što je od važnosti za veličinu i oblik krških polja.

Vidimo, da su mezozojske vapnenačko-dolomitne stijene, koje izgrađuju visoke krške ravni, lagano valovito naborane s malim kutem pada prema SW ili prema NE. Ovaj potonji pad je češći. Samo uz zapadne i jugozapadne rubove krških polja Livna, Glamoča i Kupresa nalazimo jače naborane i jače izdignute vapnenačko-dolomitne slojeve pretežno s padom prema SW. Istu pojavu zapažamo i kod gorskih grebena, koji okružuju krške uvale. Nadalje u krškim uvalama nalazimo stari krški reljef, koji se razvojem morfoloških oblika podudara s dijelovima visoke gorske ravni, koja u većoj ili manjoj površini okružuje ili s jedne ili sa svih strana krške uvale. Prema tome je nesumnjivo, da su dna krških uvala sastavni dijelovi visokogorske ravni, koja se protezala u istoj visini kroz sve planine od Risnjaka do u zapadnobosanske planine. Tektonskim pravcem u dva glavna smjera (dinarskim i na to okomitim pravcima) došlo je do lomljenja nekadašnje suvisle visokogorske ravni i do usjedanja ili izdizanja uz te pravce i do stvaranja današnjih krških uvala razvijenih uz tektonske pravce. Postanak krških uvala prema tome uvjetovan je tektonskim pokretima i ne stoji ni u kakvoj posrednoj ili neposrednoj vezi s postankom ponikava. Krške su uvale samostalan tektonski oblik krša, a ne neki prijelazan oblik između ponikve i krških polja, kako to uzima J. Cvijić.

J. Cvijić kaže: »da je srodstvo između krških uvala i ponikava očito«. Međutim se iz njegova razlaganja to ne vidi. Izvođenjem srodnosti krških uvala s ponikvama samo na temelju njihova paraleliteta s pružanjem slojeva, držimo, da nije dovoljno označeno srodstvo tih dvaju morfoloških oblika krša, tim više, što su ponikve obično nepravilno razmještene, a rjeđe usporedno s pružanjem slojeva, a kod poprečnih lomova su usporedne s ovima, no i to je rjeđa pojava. Pa ni krške uvale nisu uvijek usporedne s pružanjem slojeva, jer kako smo vidjeli, ima krških uvala, kojima dulja os ide okomito na smjer pružanja slojeva. Ako su ponikve polazni oblik krša za razvoj krških uvala, zašto onda ne nalazimo na

ravnima, koje su upravo rastočene ponikvama, razvijenih krških uvala? Najbolje nam to pokazuje visoka ravan južnog dijela Velebita, koja je gotovo u cijelosti izjedena ponikvama velikih dimenzija, od kojih bi stapanjem trebalo da nastanu krške uvale. Međutim, na tome su dijelu Velebita krške uvale rijetke, pa osim Badanjskih dolaca i Dušica drugih izrazitih krških uvala nema. I te dvije krške uvale nalaze se izvan pojasa velikih ponikava, pa se njihove uzdužne osi podudaraju s tektonskim pravcima dinarskog smjera i ničim ne odaju, da su postale stapanjem nekoliko ponikava u jednu. Sjeverozapadno od toga područja, oko Panosa, Saljeva kuka i Debelog brda, gdje su također razvijene brojne i velike ponikve, nalazimo u području ponikava malu kršku uvalu zvanu Duliba i nešto veću zvanu Stap (na karti pogrešno označeno »Stapina«, koji se naziv odnosi na vrh 1125 m, na karti označen imenom Stap), dok su velike krške uvale Ramino Korito, Šugarska duliba i Šugarsko Korito izvan pojasa velikih ponikava. Što je najznačajnije, ponikve tog područja nalaze se u gromadasto razvijenim brečama donje krede, koje prema tome nemaju pružanja, a ponikve su ipak razvijene više ili manje u pravcu dinarskoga pružanja, t. j. uz tektonske pravce dinarskog smjera, uz koji su breče bile jače razlomljene, pa je tako stvorena dispozicija naknadnoj eroziji i denudaciji, jer bez te predispozicije u gromadastom masivu krednih kršnika ne bi erozija i denudacija mogle stvoriti onako velike ponikve, čije površine prema H. C r a m e r u¹² iznose desetke hiljada m². Ovaj primjer nedvoumno pokazuje, da je paralelitet ponikava s pružanjem slojeva samo slučajan i značajan za dinarski krš, pošto se pružanje slojeva podudara s tektonskim glavnim pravcima dinarskog smjera, pa je paralelitet ponikava vezan ne na pružanje već na tektonske pravce, kako to lijepo i jasno pokazuju ponikve u kršnicima donje krede. Razvoj ponikava u kršnicima donje krede pokazuje nadalje, da ponikve nisu isključivo djelo erozije ni denudacije, već je njihov postanak uvjetovan tektonskom predispozicijom. Držimo, da je tektonska predispozicija ono zajedničko za ponikve i krške uvale, što ih međusobno povezuje, a ne paralelitet s pružanjem slojeva. J. C v i j i ć¹³ pripisuje veliku važnost za postanak krških oblika slojnim pukotinama (Schichtenfugen) zato, što, kako kaže, »pravac slojnih pukotina nije ništa drugo nego smjer pružanja slojeva, što je od osobitog značenja za postanak krških oblika«. Slojne pukotine ističu i mnogi drugi autori krša i pridaju im naročitu važnost za cirkulaciju podzemnih voda u kršu i za razvoj samoga krša.

Pridavanje naročite važnosti slojnim pukotinama u pogledu cirkulacije podzemnih voda bazira po našem shvaćanju na nedovoljnom zapažanju i stvarnom stanju u pogledu funkcije slojnih pukotina. Za dokaz tog tvrdnji iznijet ćemo naša opažanja o dinarskom kršu. Vapnenci i dolomiti dinarskog krša obično imaju debele slojeve, a rjeđi su tanki ili pločasti slojevi. Kod debelo slojenih vapnenaca slojne su pukotine redovno posve zatvorene. Samo u slučajevima, gdje su slojne pukotine ispunjene tankim međuslojem škriljastog materijala, događa se u površinskim dijelovima, da je taj međusloj erodiran, i na tome mjestu postoji otvorena pukotina. No već nešto ispod površine slojna je pukotina zatvorena i ne propušta cijedne vode. Slični odnosi vladaju i kod tanko ili pločasto uslojenih na-

slaga. Motrili smo slojne pukotine na površinskim prirodnim lomovima, rasjedima, u velikim kamenolomima, u pećinama, tunelima i drugim podzemnim prostorijama na području krša. Nigdje nismo zapazili, da se gibanje vode vrši u slojnim pukotinama u onom opsegu, kako se to uzima u literaturi krša.

Vidjeli smo slojne pukotine na stanovitim dijelovima posve zatvorene i bez kapi vode cjednice, na drugim odsječcima tunela, gdje su slojevi bili jače razlomljeni tektonskim pokretima, bilo je izobilje vode cjednice, ali ona nije tekla niz slojne pukotine niti u onom slučaju, kada je kroz okomitu pukotinu došla do slijedeće slojne pukotine, nego je ponovo zašla u vertikalnu pukotinu i tako nastavila svoje proticanje u podzemlje. Zapazili smo u pećinama, koje su u slabo nagnutim slojevima, kako je voda dolazila do slojne plohe okomitim pukotinama i kako je tekla slojnom pukotinom nekoliko metara u horizontalnom pravcu, jer dalje nije mogla teći, budući da je pukotina bila zatvorena. Na tih nekoliko metara voda se sakupljala i slijevala iz slojne pukotine niz stijenu stvarajući niz stalaktita, dok su svi ostali brojni stalakliti bili razvijeni izvan dosega slojnih pukotina. Nadalje, u brojnim prirodnim dolinskim usjecima, kao i u zasječnim usjecima, rijetko smo kada zapazili, da se slojnim plohama giblju podzemne vode. Naprotiv, glavna gibanja voda podzemnica, a napose cjednica, vrše se uglavnom pukotinama, koje redovno sijeku slojne pukotine pod različitim kutom nagiba, što je zapazio i O. Lehmann⁹, koji kaže: »da slojne crte same po sebi nisu pukotine, izuzev tamo, gdje su one postale kliznim plohama«. Iz naših zapažanja proizlazi, da se cirkulacija podzemnih voda vrši uglavnom pukotinama proizvedenim tektonskim pokretima, a slojne su pukotine u dinarskom kršu posve beznačajne za cirkulaciju voda cjednica.

Pogotovo su beznačajne za razvoj krških oblika izuzev škrapa, koje postizavaju na slabo nagnutim slojnim plohama maksimum svoga razvoja. Za razvoj ponikava, kao i za razvoj krških uvala nemaju slojne pukotine nikakvog većeg značenja.

Iz dosadašnjih se razlaganja vidi, da je J. Cvijić u potkrepljivanju svoje teorije o srodstvenoj vezi između ponikava i krških uvala pridavao najveće značenje paralelitetu tih oblika sa pružanjem slojeva, zanemarujući kod toga onaj faktor, koji je uzročnik smjera pružanja kao i postanka krških uvala i ponikava, t. j. tektonske pokrete i pravce, uz koje su se ti pokreti zbivali u dinarskom kršu.

Govoreći o postanku krških polja J. Cvijić² kaže, da »težište pitanja leži u razjašnjenju podudaranja duže osi polja sa smjerom pružanja slojeva, u velikoj širini površine dna, u zasebnim hidrografskim odnosima i konačno u tome što u jednom te istom polju dolazi više samostalnih područja oticanja voda«. I zato kaže J. Cvijić² dalje »da se uzmožnu ove specifične vlastitosti objasniti, moramo poći sa srodstva koje postoji između Dolina i Polja, napose pak od krških uvala, prelaznog oblika, koji uspostavlja vezu između ponikava i krških polja«.

Dosada smo iznijeli dokaze, kojima smo pokazali, da neka srodstvena veza između postanka ponikava i krških uvala (ne ponikvastih uvala) ne postoji, a sada ćemo razmotriti tu vezu između krških polja i krških

uvala. J. Cvijić² kaže za krške uvale, da imaju s krškim poljem ove zajedničke glavne značajke: »njihova uzdužna os podudara se sa smjerom pružanja slojeva, one se razlikuju od krških polja time što im dno nije ravno, i što u pravilu ne posjeduju one zasebne hidrografske odnose, koje susrećemo u krškim poljima«. Podudaranje duže osi polja i krških uvala spomenuli smo već uz konstataciju, da ima krških polja, kojima dulja os ide okomito na smjer pružanja slojeva ili ih siječe pod tupim kutom na pr. krško polje Velika Popina u Lici, Mazinsko polje u Lici, Vrljičko polje u Dalmaciji, Kupreško polje u zapadnoj Bosni i t. d. To smo ustanovili i za krške uvale, pa smo istakli razloge, koji su uvjetovali paralelitet s pružanjem slojeva, kao i razloge za one krške uvale, čija se dulja os ne podudara s pružanjem slojeva. Druga je od glavnih značajki krških polja prema J. Cvijiću ta, da im je dno ravno, što kod krških uvala nije. Mi smo, međutim, već istakli, da ima i krških uvala s ravnim dnom, kao na pr. Proseni Dolac u Velikoj Kapeli, Crni i Ravni Dabar i Ramino Korito na Velebitu. Međutim postoje i krška polja, koja nemaju ravno tlo, kao na pr. Gacko polje u svom gornjem dijelu, Velika Popina polje, Vukovsko polje i druga polja. Kod krških polja s ravnim dnom valja lučiti dno, koje je izravnano nanesenim riječnim ili jezerskim materijalom, dakle današnje dno, od dna, na kojem je taj materijal taložen, t. j. iskonsko dno. Ako mi odstranimo sekundarno dno kod krških polja, dobit ćemo posve drugu sliku o dnu krških polja s današnjim ravnim dnom. Uzet ćemo za primjer Buško Blato. Na dnu Buškoga Blata izvršeno je oko 300 sonda do vapnenačke podloge. Iz tih je sonda vidljivo, da dubina sonde do vapnenačke podloge nije ni približno jednaka, nego postoje najraznoličitiše dubine, što jasno govori, da je vapnenačka podloga neravna, t. j. da na njoj postoji stari krški reljef. Da postoji stari krški reljef, još nam bolje svjedoči otkop, oko područja t. zv. Djevojačkog ponora. Nakon što je bio odstranjen kvartarni debeli nanos, pokazalo se vapnenačko dno i u njemu dvije velike ponikve i oko njih nekoliko manjih ponikava, a između njih vapnenački grebeni i druge manje neravne površine. Na stranama ponikava, kao i na grebenima i na ostalim dijelovima vapnenačkog tla, jasno su se razabirali tragovi jake podzemne korozije, koja je te oštre oblike zaoblila u manje više glatke plohe. Erozionih znakova, koji bi potjecali od nekog vrludajućeg potoka po dnu polja, nema, jer te potočne erozije nije bilo ni prije, a ni poslije stvaranja polja. Ovaj nalaz nepobitno govori, da je vapnenačko dno Buškog Blata neravno, i da nije na njemu bilo nikakvog izravnjanja riječnom ili jezerskom erozijom, koja, kako ćemo vidjeti kasnije, nije mogla ni postojati prije zasipavanja polja kvartarnim naslagama. Preostatak starog krškog reljefa, što sačinjava dno krških polja u Hrvatskoj i zapadnoj Bosni, našli smo u Gackom polju, na što je upozorio i Terzaghi³, u Ličkom polju između sela Lipe i Bilaja i u Drežničkom polju jugozapadno od Ogulina, gdje je osobito dobro vidljiv stari krški reljef, jer je slabo pokriven kvartarnim naslagama. I na Kupreskom polju u predjelu pred ponorima južne Mrtvice, gdje je ova urezala svoje korito do vapnenačke podloge, zapažaju se na stranama zatusiti oblici starog krškog reljefa kvartarnim sedimentima. Najbolje se zapaža stari krški reljef u Vukovskom i Ravanjskom krškom polju, koja nisu

bila poplavljena, pa je izravnanje, zapravo postepeno uništavanje krškog reljefa vršeno denudacijom i erozijom oborinskih voda, što se nastavlja od postanka tih polja početkom diluvija do danas. Uvjereni smo, da će pomna ispitivanja ostalih krških polja Hrvatske i zapadne Bosne, dati slične rezultate u pogledu neravnosti dna polja ispod kvartarnih sedimentata.

Ove su konstatacije u očitoj protivnosti s tvrđenjima J. Cvijića² o izravnanju dna krških polja riječnom erozijom, koji kaže: »U pretežnom dijelu krša zapravo ne nastupa prava riječna erozija, pošto se atmosferske vode odmah gube u ponorima, ili se skupljaju u slabe vodene tokove, koji nestaju nakon izvanredno kratkog toka po krškim pločama, najveći od tih vodenih tokova mogu biti samo mali potoci. Osim toga mijenjaju ti slabi vodotoci neprestano svoj smjer, oni kolebaju po horizontalnoj ravni amo tamo, izravnavaju dno, a posljedica njihove djelatnosti je odnošenje zemljišta. Na taj način nastaju one brojne denudacijom izravnane plohe, koje su zastupnici izrazitih izravnanih ploha«. Upozorili bi na neke suprotnosti gornjega stava, koje se međusobno pobijaju. Ako u pretežnom dijelu krša nema prave riječne erozije, kako je onda moguće, da mali potoci, putujući amo tamo po krškoj ploči, mogu izravnati dno krških polja. Odakle malim količinama vode takva eroziona snaga, da mogu bez daljnega na svom vrludavom putu uništavati vapnenački krški reljef, kad je poznato, da su krški potoci i rijeke manje više bez nanosa. Drugo je pitanje, gdje su ti mali vodotoci taložili one velike količine detritusa, koji je imao nastati od erozionog djelovanja tih malih vodotoka. Toga detritusa nema nigdje u krškim poljima, kao što nije ni mali vodotok mogao izravnati dno krškog polja, što su nam jasno potvrdili i navedeni primjeri. I zadnja rečenica gornjeg stavka nije u skladu s onim, što je već rečeno, jer je u denudaciji u užem smislu isključeno djelovanje erozije, ukoliko autor nije mislio na denudaciju u širem smislu. Da na većini krških polja Hrvatske i zapadne Bosne nije bilo jezerske ni riječne erozije, to pokazuju i osamljeni humci Prozor, Spilnik, Sinjal, Um, Umac, Umčić, Plakalj, Vinica i Kraljevica u Gackom polju, humci Oteš, Veliki Brijeg, Ljutača, Debelo Brdo, Oštra, Bilaj, Srednja Glava, Zir, Kik, Debeljača i Cvituša u Ličkom polju, Matkovača i Seglet na Buškom Blatu, Pogana Glava i Jasika na Kupreškom polju. Ako je erozija potocića, koji su protjecali, bila toliko jaka, da je u dnu tih polja mogla izravnati stari krški reljef, onda je bezuvjetno morala ostaviti tragova i na obodima svih tih brežuljaka. Međutim, nigdje ni na jednom od spomenutih humaka nema bilo kakvih tragova erozije. Sumnjamo, da bi ti tragovi erozije bili naknadno uništeni subaeričkom erozijom, budući da je postanak osamljenih humaka u uskoj vezi s postankom krških polja, koja su razmjerno mlada, jer su postala u početku diluvija, a nekoja i kasnije. U pogledu hidrografskih razlika između krških polja i krških uvala, t. j. da su ove potonje redovno bezvodne, slažemo se potpuno s J. Cvijićem, ali se nikako ne slažemo s njegovim tumačenjem o postanku krških polja iz krških uvala, kao ni s razvojem hidrografije krških polja. Za krške smo uvale pokazali, da je njihov postanak uvjetovan lomnim pravcima, koji odgovaraju glavnim tektonskim pokretima u dinarskom kršu. Među-

tim, mi vidimo, da su spomenuta krška polja u svom razvoju također vezana na tektonske pravce, koji idu smjerom dinarskog pružanja, ali ima krških polja, čija se dulja os ne podudara s dinarskim pružanjem, pa je u tom slučaju dulja os ili okomita ili siječe pod tupim kutom pravca pružanja slojeva. Iz toga se vidi, da su pravci, uz koje su razvijena krška polja, glavni tektonski pravci dinarskog krša. Geološka struktura krških polja pokazuje, da kod krških polja, čija se dulja os podudara s tektonskim pravcem NW-SE smjera, redovno postoje dva tektonska pravca, između kojih je krško polje. Geološka struktura takvih krških polja pokazuje, da su ti pravci tektonski rasjedi, uz koje su dijelovi stare krške ravni, t. j. današnja dna polja usjela, ili su dna zaostala, a strane su uzdignute uz rasjedne pravce, što je češći slučaj u našem kršu. Izdužena polja poput Gackog, Livanjskog i Glamočkog polja ustvari su tektonske jame, jer su nastala uz dva usporedna rasjeda, dok su Ličko polje, Duvanjsko, Kupreško polje i Buško Blato postali uz nekoliko rasjeda u raznim smjerovima, pa su stoga ta polja mnogo prostranija, i duža im je os obično nešto duža od kraće osi. O tektonskim je uvjetima, dakle, ovisna prostranost pojedinog krškog polja, a ne o eroziji i stapanju nekoliko krških uvala u krško polje. Kako su geološke strukturne osobine kod krških polja različite, to ne smijemo na temelju geoloških strukturnih osobina jednog polja zaključivati, da je postanak svih krških polja isti.

Usljed izdizanja strana uz rasjede ili spuštanja niz njih bio je poremećen i podzemni hidrografski režim voda podzemnica bližeg i daljeg područja oko stvorenih krških polja. Tim prekidom starih podzemnih vodenih putova došlo je uz rasjedne pravce do sakupljanja znatnih količina vode. Kod krških polja Gacko, Livanjsko, Glamočko, Buško Blato nastupaju vode samo uz sjeveroistočni rasjed. Da to ne mora biti pravilo, pokazuje Cetinsko polje, koje ima jaka krška vrela uz sjeveroistočni kao i jugozapadni rasjed, a Duvanjsko polje nema na sjeveroistočnoj strani vrela, a ipak ima ponore na jugozapadnoj strani polja. Sabrane vode uz rasjede najprije su ispunjavale novonastale pukotine i šupljine podzemlja. Kada su sve šupljine i pukotine, koje su bile sposobne za vođenje vode podzemnice, bile ispunjene, zbog stalnog pritjecanja voda podzemnica nakon i za vrijeme oborina, sabrane vode uz rasjede dizale su se prema površini uz rasjed i izbijale su sve vodonosnim pukotinama u obliku jakih ili slabijih vrela i izljevale se u novostvoreno krško polje. Kako su svi putovi za otjecanje vode bili prekinuti postankom polja, došlo je do inundacije polja. Inundacija je tako dugo trajala, dok vode nisu stvorile sebi nove podzemne putove. Stari podzemni vodeni putovi, koji su izdizanjem došli na površinu, bili su još visoko iznad dna polja. Tek nanošenjem detritusa sa strana polja, kao i taloženjem jezerskih voda i pritoka riječnih i potočnih, dno se postepeno povisivalo, a s tim se dizala i voda pa doprijevši do starih uzdignutih vodenih putova, gubila se njima u podzemlje, na pr. Stara Mlinica, Sinjski i Proždrikoza-ponor na Buškom Blatu. Međutim, vode su postepeno stvarale i nove putove u obliku ponora na dnu kao i po stranama polja. U tom času nastupilo je postepeno ispražnjivanje polja. To je išlo u početku polagano, jer su

novostvoreni putovi bili još preuski, da bi primili svu količinu pridošle vode, pa mnogi od tih putova nisu ni danas toliko prošireni, da bi primili tolike količine vode, čime bi se postigla ravnoteža između voda koje pritječu i otječu, pa zbog toga dolazi do povremene inundacije krškog polja.

Da je većina ponora na suprotnoj strani od izvora, razumljivo je, jer su ponori postali uz rasjedni pravac, gdje je vapnenačka masa bila jače razlomljena i providena brojnim pukotinama. No ponori postoje često puta i na izvorišnoj strani, a kod krških polja s većim brojem rasjeda nalazimo ponore i uz ostale rasjede. Tako su na pr. kod Buškog Blata ponori na jugozapadnom rasjedu, a ima ih i u neposrednoj blizini izvorišta oko Agina vrela, Velikog Kuželja, Babina vrela i vrela Mukišnice, kao i uz jugoistočni rub polja. I kod Livanjskog polja ima na izvorišnoj strani ponora, u koji se gubi jedan dio vode Bistrice kod Golubić-mlina, i dalje sjeverozapadno kod Vrbice. Ima izvora i na ponorskoj strani, tako na Livanjskom polju između Prologa i Čuklića ima niz vrela, kao Foša, Babino, Paklina i Dražino vrelo, koja nakon vrlo kratkog toka poniru.

Kod krških polja, kod kojih su zbog dizanja došle na površinu vodonepropusne naslage, postoji na području tih naslaga normalno razvijena hidrografija, a u području vapnenačko-dolomitnih stijena krška hidrografija. Tako je kod Kupreškog polja područje Velikog Stožera od verfenskih naslaga, i u njima je došlo do normalne hidrografije, dok južno od Pogane Glave Milač, koji je nastao od voda na području verfenskih naslaga, poprima karakter krškog potoka, koji u ponorima kod mlina pod selom Brdo gubi postepeno vodu, dok se konačno u južnom kraju polja posve ne izgubi u ponorima. Krški su izvori na Kupreškom polju u užem smislu malobrojni. Glavni se nalaze kod sela Vrilo, pa su dva vrela stalna i nekoliko ih ima periodičkih, a sva se slijevaju u Milač. Slične odnose, samo u većem razmjeru, nalazimo i na Ličkom polju. Tu je uz sjeveroistočno podnožje Velebita došlo od jakog izdizanja permokarbonskih i verfenskih naslaga do niza vrela, tipa vrela ne krških krajeva. Na sjeveroistočnoj strani polja, gdje su u glavnom vapnenačko-dolomitne stijene, nastupaju izvori krškog tipa. Jedni i drugi slijevaju se u rijeku Liku kao glavnu odvodnu žilu Ličkog polja. Razvoj hidrografije krških polja Hrvatske i zapadne Bosne, a vjerojatno i ostalih krških polja, započeo je tek s postankom krškog polja kao zasebnog morfološkog oblika. Dna krških polja, kako smo vidjeli, dijelovi su krških ravni, koje su tektonskim pokretima bile petvorene u krška polja, što potvrđuju nađeni stari krški reljefi tih krških ploča, pa su te ploče kao sastavni dijelovi krške ravni bile bezvodne, kao što su bezvodne krške uvale kao ostaci nekadašnjih krških ravni. Da su prije postanka krških polja postojale na današnjem dnu polja bilo kakve vode, tada bi vjerojatno bio uništen stari krški reljef, pa bi te vode ostavile i neke tragove svojih površinskih tokova, kojima bi tekli eventualno i danas. Međutim mi vidimo, da svi vodotoci spomenutih krških polja imaju urezano korito u kvartarnim naslagama ili posve plitka korita urezana u vapnenačko-dolomitne stijene dna polja. Tvrđnja F. K a t z e r a ' »da je svako polje bilo jednom otvorena dolina s površinskom odvodnjom« nikako ne od-

govara stanju, koje nalazimo na krškim poljima. Katzer je tu učinio istu pogrešku, koju je učinio kod ponikava tvrdeći, da su ponikve nastale pod utjecajem mehaničkog djelovanja voda, koje su nastale otapanjem ledenjaka, jer je možda od jednog ili dva primjera zaključio općenito za sve ponikve, odnosno u gornem slučaju za sva krška polja. U ovom slučaju nije od važnosti kako F. Katzer, A. Grund i drugi autori tumače postanak krških polja. Za nas je tu važno tumačenje J. Cvijića, kako su krška polja postala od krških uvala. Da se izbjegne prigovor, da je prijevodom na hrvatski možda hotimično krivo doneseno Cvijićevo mišljenje, donosimo ga točno u originalu. J. Cvijić² opisuje taj postupak ovako: »Sobald sich der Boden der Karstmulde bis zum Niveau des Grundwassers im Karste vertieft, verschwindet stellenweise die unruhige Bodengestaltung, es entwickeln sich Ebenen, und die bekannten hydrographischen Verhältnisse treten auf«. U svojoj ranijoj radnji tumači i Cvijić² postanak krških polja kao i postanak ponikava erozijom. God. 1918. u trećoj radnji kaže Cvijić⁶, da su krška polja postala spajanjem nekoliko krških uvala, pa su sva polja postala erozijom, ali su mnoga postala na tektonski predisponiranim mjestima. Iz svih Cvijićevih tumačenja proizlazi, da je postanak krških polja prouzrokovala erozija kao glavni čimbenik stvaranja krških polja, a tektonika je imala tek sporednu ulogu, naime, da je erozija na takvim mjestima imala olakšano djelovanje. Da su krška polja postala erozijom i denudacijom, kako to tumači J. Cvijić, tada bi se na dnu polja i na stranama polja morali zapažati vidljivi tragovi erozije. Međutim, tih erozionih tragova ne nalazimo ni na jednom od spomenutih krških polja, kako je to već istaknuto. Naprotiv nalazimo, da su strane polja vrlo često strmo odlomljene s oštrim odlomom slojeva, da se na nekim poljima spušta krški reljef s oštrim oblicima sve do ruba polja, nadalje vidimo kod velikih ponora, da su njihove stijene na ulazu oštro odlomljene bez ikakvih tragova erozionih voda. Sve su to pojave, koje se nikako ne mogu dovesti u sklad s erozionim produbljivanjem krške uvale do Cvijićeva stadija krškog polja. Uzmemo li sa Cvijićem, da su krška polja nastala erozijom i stapanjem krških uvala, tada svih tih pojava ne bi bilo na rubovima krških polja. Ako je erozija izdubla krška polja u vapnenačko-dolomitnim stijenama, nameće se pitanje, koliko je vremena bilo potrebno, da erozija vode mogne izvršiti taj gigantski posao, i kolike su bile količine vrludajućih voda, koje su produbile stijene nekoliko stotina metara, kad je poznato, da postanak spomenutih krških polja pada u početak diluvija. O tim vodama i vremenu Cvijić vrlo nejasno govori, a da ne spominje ni jedne riječi o silnom erozionom materijalu, koji je morao nastati kod tako jakih erozija. Gdje je taj erozioni materijal? U poljima ga nema, jedino su ga mogle vode odnijeti kroz ponore, ili ga uopće nije bilo, što je najvjerojatnije. Kako erozionog materijala kao produkta erozionog djelovanja nema u poljima, to je očito, da erozija nije bila glavni čimbenik kod stvaranja krških polja. Protiv erozionog djelovanja govore i rubovi krških polja, koji su vrlo često u ravnoj crti, kao da su nožem odrezani, kao na pr. kod Glamočkog, Livanjskog i Duvanjskog polja, kod Buškog Blata, Gackog polja i t. d. Zar je erozija vrludajućih potocića imala tu

snagu, da oblikuje te ravne porubne crte krških polja u nehomogenim vapnenačko-dolomitnim stijenama? Mi smo mišljenja, da je takav rad erozije nemoguć i da je te ravne porubne crte krških polja mogla stvoriti jedino tektonika, koja je uvjetovala postanak krških polja. Napokon, da je erozija produbila krško polje do današnjeg njegova nivoa, tada bi na dnu polja morale biti starije naslage, jer je erozija izravnanjem dna krških polja i produbljivanjem uništila mlade naslage. Takvo bi stanje bilo prema Cvijićevoj teoriji o produbljivanju krških uvala u krško polje. U prirodi imamo posve drugačiju sliku. Dubokim bušenjem na Buškom Blatu ustanovljeno je, da su na sjeveroistočnoj polovici dna Buškog Blata isti promina konglomerati, kojih ima i na Tušnici planini, a na jugozapadnoj polovici su gornjo-kredni vapnenci, koji izgrađuju najviše dijelove Kamešnice, kao i dijelove istočne strane, koja pripada planini Grabovici. Slične prilike nalazimo u Gackom, Lipovu i Ličkom polju, Vukovskom i Ravnom polju, kao i na drugim poljima Hrvatske i zapadne Bosne. Sve navedene činjenice govore protiv teorije o postanku polja erozijom, a dokumentiraju njihov tektonski postanak od krških ravni, a ne stapanjem krških uvala u jedno polje. Krške su uvale samostalni morfološki oblik krša, koji je po svom postanku stariji od današnjih krških polja, što je već naglasio J. Cvijić². Krške uvale razvijale su se na krškim ravnima, pa su kod postanka krških polja bili već razvijeni morfološki oblici krša. Nekoje su došle postankom polja u sastav dna krškog polja, dok su druge, koje su bile presječene tektonskim pravcima uz rubove polja, zaostale iznad polja, od kojeg su i danas odijeljene višom ili nižom stepenicom, kao na pr. krška uvala Želivodić u južnom dijelu Kupreškog polja, krške uvale na istočnom i jugoistočnom rubu Buškog Blata, Premužino i Crno jezero uz jugozapadnu stranu Gackog polja i t. d. Mi nalazimo u tome baš protivno onomu, što tvrdi J. Cvijić², t. j. umjesto da su krška polja nastala stapanjem krških uvala, postanak krških polja razorio je stanovite krške uvale u području novopostalog krškog polja. J. Cvijić² smatra na pr. Kupreško polje kao primjer postanka krškog polja od nekoliko krških uvala, pa na osnovu toga drži, da su rijeke toga polja sekundarna pojava. Razvoj starih krških oblika na krškom polju Kupres u užem smislu, pa prisutnost vodonosnih naslaga na sjevernom dijelu polja pokazuju, da su vodotoci primarni, t. j. da su postali u momentu, kada je postalo Kupreško polje u užem smislu. J. Roglić¹¹ ima stoga pravo, kad kaže: »Das Gebiet des Kupreško Poljes ist nicht in Vereinheitlichung, sondern in Auflösung in mehrere Mulden und Dolinenlandschaften begriffen«. Iznesene činjenice nedvoumno pokazuju, da krška polja nisu postala od krških uvala stapanjem, kao što nisu ni krške uvale postale stapanjem dviju ili više ponikava. Posve se slažemo s mišljenjem F. K a t z e r a⁴ koji tvrdi, da »iz ponikve ne može postati uvala, a još manje posredstvom stadija uvale da postane polje, isto tako ne može postati izravno od uvale krško polje. To su tri odijeljena krška oblika, svaki zasebnih osobina, a nikako ne mogu biti tri razna stadija jednog sukcesivnog razvojnog reda«.

O hidrografiji krških polja već smo govorili, pa bismo ovdje još istakli neka hidrografska zapažanja. Kada je govora o hidrografiji u našoj i u

stranoj literaturi, tada se obično autori zadovoljavaju da govore o vodama, koje izbacuju stalna i povremena vrela, o njihovu poniranju u podzemlje, s uobičajenom tvrdnjom, da su izvori na jednoj, a ponori na protivnoj strani. Međutim o hidrografiji ostalog dijela polja, t. j. dijela između izvorišta i ponora, ne govori se ništa ili vrlo malo i nejasno, kao što je nejasna i općenita hidrografija krških polja, jer bazira na pretpostavkama, koje nisu u skladu sa prirodnim stanjem hidrogeologije krških polja. Tako se obično tvrdi, da na pr. vode Buškog Blata ponovo izbijaju u nižoj stepenici prema Cetini kao vode Ruda i Grab. Međutim vrelo Ruda i Grab nedaleko Trilja imaju i onda velike količine vode, kada na Buškom Blatu uopće nema vode. Kada je Buško Blato inundirano, stalna vrela Ruda i Grab imaju nešto veće količine vode pa su tek nešto mliječno zamućena, a u dolini, gdje je izvor Ruda, izbijaju nasuprot izvoru i sa sjeverne strane za vrijeme jakih oborina veće količine mutne vode iz dvaju spiljskih hodnika, koji su oko 60 m iznad nivoa vrela Rude, koje je uvijek stalno. Isto tako nizvodno od vrela Grab uz desnu dolinsku stranu iz visine 35—40 m izbija iz vapnenih konglomerata u vrijeme oborina veća količina zamućene vode. Nitko nije ispitao i ustanovio, odakle su te vode. Dovoljno je, da je to netko jednom rekao, drugi ponovio, i tako je to postalo tvrdnjom i pravilom za međusobne hidrografske odnose krških polja uz rijeku Cetinu i zapadnobosanskih polja. U mjesecima, kad na Buškom Blatu nema nigdje vode, pa ni na izvoru Ričine, ni na izvorima ostalih periodičkih vrela od Agina vrela do Mukišnice, vrela Ruda i Grab u tim mjesecima imaju znatne količine vode. Ruda ima za najveće suše znatne količine (1,5 m³ na sekundu), dok je Grab nešto slabiji. Narod kod izvora Rude kaže, da one dvije pećine, izbacuju vodu tako dugo, dok na Buškom Blatu traje poplava. Dokazano nije, a pokus bojadisanja vode ponora Proždrikoza na Buškom Blatu, dao je negativne rezultate. Možda je krivnja za neuspjeh na premalom doziranju boje, ili na prekratkome vremenu opažanja na vrelima uz Cetinu.

Za vode Duvanjskog polja, t. j. za rijeku Šuicu, dokazano je, da velike vode dolaze u Ričinu i iz ove u Buško Blato. Za male vode ne znamo ništa pozitivno, znamo samo za činjenicu, da Šuica i za najveće suše ima oko 1 m³ vode, koja ponire u Kovači-ponoru, a da ne dolazi na Buško Blato, jer ni Ričina ni periodička vrela oko nje nemaju u to doba ni kapi vode. Znak je, da te vode zalaze duboko u podzemlje i da teku podzemno ispod dna Buškog Blata prema rasjedu uz jugozapadnu stranu polja. Nadalje vidimo, da se vode periodičkih vrela na Buškom Blatu kao Agino vrelo, Babje vrelo, Veliki i Mali Kužel i Mukišnica nakon kratkog toka gube u dnu polja. Tek kada ta vrela prorade punom snagom, tada ona teku dalje površinski, i od toga momenta započinje inundacija polja. Poniranje vode u dnu polja izvan regije glavnih ponora dokazuje, da ispod današnjeg dna polja postoji podzemna cirkulacija voda, što dokazuju i estavele u uvali Mukišnice, uz jugoistočni rub Buškog Blata i oko Babina vrela. Sve te vode odlaze prema rasjedu na zapadnoj strani polja. Slične hidrografske odnose nalazimo i na Livanjskom i Kupreškom polju, gdje se stanovite količine vode gube u dnu polja prije nego stignu do glavnih ponora. Na Ku-

preškom polju male vode Milača ne izbijaju na vrelu Velikog Stržnja, jer to vrelo za malih voda ne izbacuje ništa vode, premda Milač ima oko 140 lit/sek. vode i za najjače suše. Svakako je zanimljiva hidrologija krškog polja Konjsko jezero. To je zatvoreno krško polje nedaleko od Otočca, koje za jakih oborina inundira voda iz estavela. Nakon inundacije nalaze se u ponorima velike količine ribe *pior* (*Paraphoximus*). Te ribe nema u vodama Gacke, koja ponire nedaleko pred Konjskim jezerom. Ona živi u rijeci Lici, i to u većim količinama. Prema tome inundaciju Konjskog jezera vrše vode rijeke Like, koje se od ponora na Lipovu polju probijaju između trupina Kutarevske i velike Kose pa ispod današnjeg dna krških Konjskog jezera. Svi ti primjeri pokazuju, da ispod današnjeg dna krških polja Hrvatske i zapadne Bosne postoji stalna cirkulacija voda podzemnica, koje su dosele ostale u literaturi krške hidrografije malo zapažene. Pomna i detaljna hidrološka ispitivanja tih voda sigurno će razjasniti mnoge specijalne slučajeve podzemne hidrografije krških polja i vrela, kao i prinos rješenju problema opće hidrologije krša. Tim primjerima htjeli smo ujedno pokazati, da nije hidrogeologija krškog polja nastala erozijom do nivoa »Grundwassera«, kako to tvrdi J. Cvijić², već da su za hidrogeologiju krških polja od presudne važnosti tektonski pokreti, koji su uvjetovali postanak polja, kao i njihovu hidrogeologiju. Ako promatramo hidrogeološke prilike, u krškim krajevima Hrvatske i zapadne Bosne, vidimo, da krška vrela često puta pokazuju neku pravilnost u svom nastupanju. Tako nalazimo na sjeveroistočnoj strani Velike Kapele, a dijelom i Male, cio niz krških vrela pretežno stalnih, a rjeđe periodičkih od Vitunj vrela preko vrela Pećnika, Zagorske Mrežnice, Bistraca, Zelenog jezera, Rupečice, Vrnjike, Dretulje, Velike Pećine na Blatima, pa vrelo Primišljanske Mrežnice, Tounjčice i Rudnice; vrela Tonkovićevo i Majerovsko na Gackom polju; vrela uz dolinu Cetine od samog vrela Cetine preko vrela Cetnice, Jaža, Preočanskog vrela, Radonjina, Dabarskog, Dragovića, Kreševa, Zasiok-vrela, Crnog vrela, Majdana, Peruče, Velikog i Malog Rumina, Malina i Kosinca na lijevoj dolinskoj strani, a Milaševo, Vukovića, Baroša, Nelaj i Kotluše na desnoj strani doline Cetine. Takova su vrela Bistrica, Zabljak i Studba na Livanjskom polju, Agino vrelo, Veliki i Mali Kuželj, Babino vrelo i Mukišnica na Buškom Blatu. Sva su ta vrela poredana na pravcima i približno su na istoj visini. Ta pravilnost u smještaju krških vrela nije slučajnost nego pravilo. Ako uočimo geološku strukturu uzduž pravaca, uz koje nastupaju vrela, tada vidimo, da se pravac, uz koji se nalaze vrela, poklapa s rasjednim pravcem smjera dinarskog ili okomitog na dinarski smjer. Tako su uz Cetinu, izuzev Majdana, Crnog i Peruče vrela, sva vrela lijeve dolinske strane uvjetovana poprečnim rasjedima. Vrela, koja se nalaze pojedinačno poput vrela Krke, Zrmanje, Rječine iznad Sušaka, zatim Kusac vrelo u Lici kraj Pribudića i Crna Rijeka na Plitvicama, sve su to vrela, koja su uvjetovana tektonskim pravcima manje više okomitim na dinarski smjer.

Pojava, da su tipična krška vrela vezana na tektonske pravce i da stoga izbijaju vodu manje više u jednom pravcu i gotovo u istom vertikalnom smještaju u krškim poljima, izgleda, da je prouzrokovala shvaćanje, da u kršu postoje suvisli nivoi voda podzemnica. Pobjitati postojanje

»Grundwassera« bilo u kojem obliku u kršu, danas nije nužno budući da je danas brojnim primjerima dokazano, da u kršu ne postoje suvisle vode ni u obliku »Grund- ni Karstwassera«. Da »Grundwasser« ne postoji u krškim poljima, najbolje dokazuju ponori, kojih ima na raznim mjestima krških polja. Kada bi postojao »Grundwasser« u kakvom polju, tada ne bi bilo ponora, već bi se vode zadržavale na stanovitom nivou. Kako vode poniru na raznim mjestima polja, znak je, da »Grundwassera« nema.

Kada bi postojao »Grundwasser« došlo bi za vrijeme oborina do inundacije polja zbog dizanja »Grundwassera«. Takav je slučaj vrlo rijedak i javlja se u onim poljima, koja u dnu imaju nepropusne tercijarne ispod kvartalnih naslaga, kao na pr. srednji dio Sinjskog polja. U poljima bez tercijarnih naslaga inundacija nastaje zbog neravnomjernosti u odnosu između otjecanja vode kroz ponore i dolazanja vode iz vrela u krško polje, kao na pr. na Buškom Blatu, a ne zbog dizanja »Grundwassera«, kojeg na Buškom Blatu uopće nema, što je dokazano kopanjem zdenaca do vapnenačke podloge u dnu Buškog Blata. Nisu uvijek ni tercijarne naslage nepropusne, što nam pokazuju vapnoviti lapori, koji su zbog tektonskih pokreta razlomljeni i iskrižani pukotinama, kroz koje se voda gubi u podzemlje, kao na pr. uz sjeveroistočnu stranu Livanjskog polja i dijela Sinjskog polja podno sela Jabuke, pa na tim dijelovima polja ne može postojati suvisli sloj vode podzemnice.

Zanimljivu pojavu motrili smo na Primišljanskoj Mrežnici. Oko 1 km nizvodno od izvora Mrežnice postoji tik uz lijevu njenu obalu ponor, koji za malih voda Mrežnice prima oko 5 lit/sek. vode, kojih 5 m nizvodno od toga ponora postoji spiljski kanal udaljen od vode Mrežnice 2.50 m, a vertikalno je smješten oko 1.60 m iznad malog vodostaja Mrežnice. Taj kanal izbacuje stalno oko 10—15 lit/sek. vode. Kada bi postojao »Grundwasser« u razini vode Mrežnice, tada taj ponor ne bi smio primati vodu iz Mrežnice, pa se prema tome može ustvrditi, da »Grundwasser«-nivo tu ne postoji. Ponor, koji guta vodu, i spiljski kanal, koji izbacuje vodu, jedan gotovo uz drugi jasno pokazuju nemogućnost primjenjivanja »Grundwassera i Karstwassera« u hidrografiji krša.

I temperature krških vrela pokazuju, da vode krških vrela nisu vode nekog zajedničkog »Grund- ili Karstwassera«, jer su njihove temperature vrlo različite.

Uska povezanost krških vrela uz tektonske pravce u kršu uopće, a napose na krškim poljima, u očitoj je protivnosti s tumačenjima o promjenljivoj nivou »Grundwassera« po Cvijiću ili Grundova »Grund- i Karstwassera«, jer se tim tumačenjima ne može ispravno protumačiti postanak krških vrela, a pogotovo je to nemoguće protumačiti djelovanjem erozije do »Grundwassera«. Da krška vrela nisu postala produblivanjem krške ploče erozijom do »Grundwassera«, najbolje svjedoče sama vrela. Mi nismo ni na jednom krškom vrelu Hrvatske i zapadne Bosne zapazili, da je erozija ostavila vidnih tragova na i oko izvorišta pojedinog vrela. Kod svih jakih krških vrela, kao što su Vitunj-vrelo kod Ogulina, Tounjčica, Kukača, Rudnica, Primišljanska Mrežnica, Tonkovića vrelo, Zrmanja, Una, Slušnica, Crna Rijeka, Dretulja, Vrnjika, sva vrela Cetine na lijevoj i desnoj strani, Rudo i Grab kod Trilja, Bistrica, Žabljak i Studba na Li-

vanjskom polju, Veliki i Mali Stržanj, kao i ostala vrela krša spomenutih područja, pokazuju strme, gotovo okomito odlomljene stijene, ispod kojih izbijaju velike količine voda podzemnica. Mnoga od krških spomenutih vrela imaju cijelo izvorište prekriveno ogromnim kamenim blokovima, koji priječe izvor vodi da se izlijeva u jednom toku u dolinu, pa se stoga vode probijaju ispod blokova na nekoliko mjesta stvarajući varavu sliku, kao da postoji nekoliko, a ne jedno vrelo. Osobito se to dobro zapaža kod Vitunj vrela, Zrmanje, kod Dragonjina, Dragović vrela, Malina, Kosinca, kod Crne rijeke, Rudnice, Kukače i drugih vrela. Naposljetku, vode tih vrela dolaze iz dubokog podzemlja, pa su redovno bez ikakvog nanosa, jer su nanos taložile u podzemlju, pa stoga ne mogu imati onu erozionu snagu, koja je nužna, da bi izduble dotadašnja svoja izvorišta. To je nemoguće zbog toga, što su te vode izbile na površinu tek nakon tektonskih pokreta, koji su uvjetovali postanak svih krških polja i tipičnih krških vrela spomenutih područja. Moglo bi se pretpostaviti, da su vode podzemnice erodirale vapnenačko-dolomitne stijene iznad i oko vrela, i da je tako došlo do urušavanja nadvisećih stijena i izbijanja vode. Međutim takva postepena urušavanja stijena ne mogu stvoriti odlomljene stijene, kako ih nalazimo na čeonjoj strani spomenutih krških vrela. Česta pojava jakih gorskih zrcala (Harnische) govori jasno, koje su sile prouzrokovale odlamanje cijelih padina bregova iznad izvora, a često i u dolini ispod izvora, jer su gotovo sve doline krških spomenutih vrela, pa bile one i posve kratke, kenjonskog razvoja, dakle tektonske predispozicije, što naglašuje i dugogodišnji istraživač dinarskog krša F. Koch⁸, kada kaže »da su riječni kanjoni, njihovi ponori, kao i njihovi podzemni vodotoci izohroni, da nisu velike geološke starosti i da su tektonskog porijekla«.

Važno je, da se uzme u obzir, da u kršu redovno imamo pukotinsko-uzlazna vrela, a u rijetkim slučajevima pukotinsko silazna. Pukotinska uzlazna vrela, t. j. vode tih vrela, giblju se razmjerno polagano u podzemlju, jer to nisu izravni podzemni vodotoci u obliku podzemnih rijeka, koje izravno teku od ponora do izvora sa znatnim padom korita i koje nose sobom stanovite količine pijeska i šljunka. Takvih slučajeva nismo zapazili u području našeg krša. Naprotiv, pokusno bojadisanje Plouče rijeke na ponorima u Livanjskom polju pokazalo je, da je bojadisana voda trebala od ponora do izbijanja na vrelu Veliki Rumin punih 12 dana. Kada bi vode Plouče tekle izravno od ponora do izvora, kako se često naglašuje, sigurno im za 12 km toka ne bi trebalo 12 dana. Vode krških vrela prolaze vodonosnim pukotinama u duboko podzemlje, dolaze do proširenih podzemnih prostorija, iz kojih rijetko kada izlaze širokim vodonosnim pukotinama. Obično izlaze iz podzemnih velikih šupljina uskim i stiješnjenim pukotinama (sifonima), kroz koje prolaze pod tlakom i tako se izlijevaju u proširenu vodonosnu pukotinu ili podzemnu šupljinu, dok konačno jednom vodonosnom pukotinom ne izbiju na površinu. Te vode, premda su pod stanovitim tlakom, teku razmjerno sporo, pa stoga njihova eroziona snaga nije velika, što se vidi i na stijenama pukotina ili kanala, kojima protječu, jer redovno pokazuju neznatne tragove erozije.

U krškim poljima postoje rasjedi, koji nisu vodonosni, bar ne u pozitivnom smislu, t. j. uz njih se ne pojavljuju vrela. Takvi su rasjedi vodo-

nosni u negativnom smislu, jer se kroz njih gube vode u duboko podzemlje, pa su stoga redovno uz takve rasjede smješteni veliki ponori, kao na pr. Kovači-ponor na Duvanjskom polju, Stara Mlinica, Sinjski i Proždrikoza na Buškom Blatu, Veliki, Kameni i Opaki ponor uz ostale velike ponore na Livanjskom polju, niz ponora od Perine Jame do skupine ponora kod Dušikrave, u kojima poniru vode Gacke i t. d. Svi su ti ponori vezani uz rasjedne linije i svi su uz rasjednu liniju gotovo istog vertikalnog smještaja. Iz svih se tih primjera vidi, da u hidrografiji krša uopće, a napose krških polja, tektonika vrši predispozicije za cjelokupnu podzemnu i nadzemnu hidrografiju krša. Gdje je u kršu geološka struktura došla do većeg razvoja i do jačeg izražaja tektonskih smjernica, tu je došlo i do jačeg razvoja koliko površinske, toliko i podzemne hidrografske mreže stanovitog područja krša.

Nikako se ne smije potcjenjivati ni rad erozije i denudacije u područjima krša. One su svakako važne za razvoj i oblikovanje krških područja, o tome nema govora. No mišljenja smo, da je skroz pogrešno pripisivati eroziji i denudaciji u kršu stvaranje onakvih oblika, kakvi su krške uvale i krška polja, pa kanjonski tokovi krških rijeka, na kojim se oblicima ni na koji način ne može ustanoviti u prirodi njihov isključivi postanak erozijom i denudacijom.

Tumačiti spomenute krške oblike bez sudjelovanja tektonskih procesa neprirodno je, kao što je neprirodno izvoditi postanak navedenih krških oblika erozijom i denudacijom. Kao što su erozija i denudacija u prirodi određene da vrše stanovite uplive na razvoj krških oblika, tako je tektonika onaj čimbenik, koji usmjeruje koliko rad erozije i denudacije, toliko i rad i cirkulaciju nadzemnih i podzemnih voda u kršu. Iz združenog rada svih tih čimbenika na području izgrađenom od vapnenačko-dolomitnih stijena rezultiraju razni morfološki oblici nadzemlja i podzemlja, koji stvaraju pojavu krša.

LITERATURA

1. Cvijić J.: Das Karstphänomen. Geographische Abhandl. von A. Penck. Bd. V. Hft. 3. Wien, 1893. (pag. 225., 226., 291.)
2. Cvijić J.: Morphologische und glaciale Studien aus Bosnien der Hercegovina und Montenegro. II. Teil: Die Karstpoljen. Abhandl. der k. k. Geograph. Gesellschaft Wien. Bd. III. No. 2. Wien, 1901. (pag. 76., 77., 79., 80.)
3. Grund A.: Die Karsthydrographie. Studien aus Westbosnien. Geograph. Abhandl. von A. Penck. Bd. VII. Hft. 3. Leipzig 1903.
4. Katzer F.: Karst und Karsthydrographie. Zur Kunde der Balkanhalbinsel: Reisen und Beobachtungen. Herausgegeben von C. Partsch. Hft. 8. Sarajevo. 1909. (pag. 32., 33., 34.)
5. Terzaghi K.: Beitrag zur Hydrographie und Morphologie des kroatischen Karstes. Mitteil. aus d. Jahrb. d. kgl. ungar. Reichsanst. Bd. XX. Hft. 6. Budapest 1912-13. (pag. 302.)
6. Cvijić J.: Hydrographie souterraine et évolution morphologique du karst. Grenoble 1928. (pag. 52.)
7. Cvijić J.: Geomorfologija. Knj. II. Beograd 1926. (pag. 402.)
8. Koch F.: Plitvička jezera. Vijesti geološkog zavoda u Zagrebu. Knj. I. Zagreb 1926. (pag. 152.)
9. Lehmann O.: Die Hydrographie des Karstes. Enzyklopädie der Erdkunde. Leipzig-Wien, 1923. (pag. 7.)

10. Maul O.: Geomorphologie. Enzyklopädie der Erkunde. Leipzig-Wien, 1938. (pag. 259).
11. Roglić J.: Morphologie der Poljen von Kupres und Vukovsko. Zeitschr. der Gesellschaft f. Erkunde zu Berlin. Berlin, 1939. (pag. 316.).
12. Cramer H.: Die Systematik der Karstdolinen. Unter Berücksichtigung der Erdfälle, Erzschlotten und verwandter Erscheinungen. Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Beilage Bände. Beil. Bd. 83, Abt. B. Stuttgart, 1941. (pag. 318.).

ZUSAMMENFASSUNG

Ist die Karstmulde eine Übergangsform, die die Verbindung zwischen Doline und Karstpolje herstellt?

von J. Poljak

Bei der Besprechung des Problems über die Entstehung der Karstpoljen sagt J. Cvijić², dass der Schwerpunkt dieser Frage im folgenden liegt: »es sind zu erklären die Übereinstimmung der Längsachse der Poljen mit dem Schichtenstreichen, die grosse Breite der Bodenfläche, die eigenartigen hydrographischen Verhältnisse und mehrere selbständige Abflussgebiete in einem und demselben Polje. Um diese spezifischen Eigenschaften zu erklären, muss man von der Verwandtschaft ausgehen, die zwischen Dolinen und Poljen herrscht, insbesondere aber von den Karstmulden (die »Uvala«) der Übergangsform, die die Verbindung zwischen Dolinen und Poljen herstellt«.

In den vorliegenden Zeilen wird versucht auf Grund zahlreicher Beobachtungen im kroatischen und westbosnischen Karste zu beweisen, dass die Doline, Karstuvala und Karstpolje nicht drei verschiedene Stadien einer sukzessiven Entwicklungsreihe sein können, sondern drei selbständige morphologische Formen bilden, welche vollkommen unabhängig entstanden sind.

Die Doline ist eine Erosionsform, wogegen die echte Karstuvala eine durch die tektonische Linie bedingte Karstform ist. Ein Parallelismus der Dolinen und Karstuvalas mit dem Schichtenstreichen ist im Gebiete des dinarischen Karstes ein Zufall, welcher dadurch entstanden ist, dass sich die tektonischen Hauptlinien mit dem Schichtenstreichen decken. Es kommen aber Karstuvalas als auch Dolinenreihen vor, welche senkrecht zu der tektonischen Hauptlinie (NW-SE) stehen. Es gibt Dolinen im südlichen Teil des Velebit-Gebirges, welche im massig entwickelten Kreide-Kalkbrecciene vorkommen und eine ausgesprochene NW-SE Richtung haben. Der mittlere Teil des Velika Kapela-Gebirges ist aus jurassischen Kalken und Dolomiten aufgebaut, welche Schichten ein N-S-Streichen haben, und trotzdem haben die Bergrücken und Karstmulden die dinarische Richtung d. h. NW-SE. Es ist klar, dass der Parallelismus der Dolinen, Karstmulden und Karstpoljen mit dem Schichtenstreichen kein wesentlicher Faktor bei der Bildung der genannten Karsthohlformen sein kann, und dass die Entwicklung der Karstmulden und Karstpoljen und teilweise auch der Dolinen von den tektonischen Hauptlinien abhängig ist. Karstmulden und Karstpoljen sind tektonische Formen und die Dolinen Erosionsformen mit einer tektonischen Predisposition. Es ist somit nicht richtig, die Karstmulde als Verwandtschaftsform der Doline zu betrachten, und noch weniger eine Verwandtschaft durch das Uvalastadium zwischen der Doline und des Karstpolje zu ziehen.

J. Cvijić² brauchte diese Verwandtschaft, um zu zeigen, dass die Karstpoljen durch Erosion entstanden sind. Cvijić sagt: »Die Poljen sind also gleich den Thälern Erosionsgebilde, die aber, wie es dargelegt worden ist, durch etwas verschiedene Erosionsweise entstanden sind. Mannigfaltige Dislokationen dienten

als Angriffspunkte der Erosion.« Nun die Verhältnisse, welche man an den kroatischen und westbosnischen Karstpoljen beobachten kann, sprechen deutlich gegen die Entstehung der Karstpoljen durch die Erosion.

Die geologische Struktur der genannten Karstpoljen zeigt, dass die Längsachsen der Karstpoljen entweder parallel oder senkrecht zu der Hauptstörungslinie NW-SE verlaufen. Dasselbe findet man auch bei den Karstmulden mit dem Unterschiede, dass die Karstmulden durch eine tektonische Linie, und die Karstpoljen durch zwei oder mehrere tektonischen Linien bedingt sind. Diese Linien sind echte Verwerfungen, längs welchen Teile der alten Karstflächen eingesunken sind, oder Teile die stehen geblieben sind und die Seiten längs Verwerfungen gehoben worden sind, was bei den Karstpoljen der kroatischen und westbosnischen Karstgebiete gewöhnlich der Fall ist.

Zeichen einer starken Erosion in den Karstmulden und Karstpoljen sind nicht nachweisbar, weder im Boden noch an den Seiten der Karstpoljen. Untersuchungen durch Sondieren und durch das Abtragen der Quartärdecke an Teile von Buško-Blato haben bewiesen, dass der Boden ein altes Karstrelief zeigt, welches aus Dolinen verschiedener Grösse mit dazwischen liegenden Graten und anderen Unebenheiten besteht. Ein altes Karstrelief wurde auch in anderen Karstpoljen beobachtet. Wenn die Karstpoljen durch starke Erosion entstanden sind, warum hat die Erosion das alte Karstrelief nicht abgetragen; und was ist mit dem Erosionsmaterial geschehen? Auf den Karstpoljen findet man es nicht, wohin ist er verschwunden? Warum findet man auf den Polje-Seiten keine Erosionsspuren? Wenn das Polje durch Erosion entstanden ist, warum sind die Kalk- und Dolomitschichten an der Polje-Seiten hoch gehoben und schroff abgebrochen mit scharfen Kanten und nicht von der Erosion abgerundet? Warum sind die Ränder der Karstpoljen geradlinig, konnte das die Erosion im unhomogenem Kalk- und Dolomit-Material auserodieren? Eine Antwort auf diese Fragen kann man nicht mit der Erosionstätigkeit beantworten. Nur die Tektonik kann uns eine richtige Antwort geben, nämlich dass die Karstmulden und Karstpoljen tektonische und nicht Erosionsformen sind, und deshalb können diese Karsthohlformen in keinem verwandtschaftlichen Zusammenhang mit den Dolinen stehen.

Eine Uvala kann nie ein Karstpolje werden, nachdem sie eine selbständige tektonische Karsthohlform ist und weil sie eine ältere Entwicklungsform als Karstpolje darstellt. Bei der Entstehung eines Karstpoljes konnte durch tektonische Begrenzung eine oder mehrere Uvalas in den Bereich des Karstpoljes einbezogen werden und zwar ganz oder nur teilweise je nach dem Verlauf der tektonischen Linien, aber das ist noch kein Beweis, dass ein Karstpolje durch Vereinheitlichung von mehreren Karstmulden entstanden ist, wie dass J. Cvijić annimmt.

Das Karstpolje ist eine tektonische Grosshohlform, welche keine verwandtschaftliche Beziehungen mit den Karstvalas hat, und noch weniger mit den Dolinen. Deshalb sagt F. Katzer mit Recht »Aus einer Doline kann aber keine Uvala und noch weniger durch Vermittlung des Uvalastadiums ein Polje werden; und auch direkt kann aus einer Uvala kein Polje entstehen. Das sind drei gesonderte Karsthohlformen, jede von eigener Art, keineswegs aber drei verschiedene Stadien einer sukzessiven Entwicklungsreihe.«

Die Ansicht J. Cvijić's über die Hydrographie der Karstpoljen deckt sich nicht mit den Tatsachen, welche man an den Karstpoljen trifft. J. Cvijić sagt: »Sobald sich der Boden der Karstmulde bis zum Niveau des Grundwassers im Karste vertieft, verschwindet stellenweise die unruhige Bodengestaltung, es entwickeln sich Ebenen, und die bekannten hydrographischen Verhältnisse treten auf.« Nach dem gesagten sind die Quellen auf einem Karstpolje durch Erosion auf die Tagesoberfläche des Karstpoljes gekommen. Die Spuren einer starken Erosion sind aber an den Quellen der Karstpoljen nicht zu sehen. In der Natur findet man gerade das Gegenteil, weil bei grosser Mehrzahl der Quellen der Karstpoljen sind die Stirnwände der Quellen steil abgebrochene Kalk- oder Dolomittfelsen, und die Quellen sind mit dem abgebrochenen Blockmaterial in mehrere Quelladern geteilt.

Dort, wo das nicht der Fall ist, wie z. B. bei Bistrica und Studba am Livanjsko polje, bei Tonkovića und Majerovsko vrelo bei Otočac, Peruča und Mali Rumin an den Cetina Fluss, springt das Wasser aus breiten Spalten empor. Auch hier ist Stirnwand steil abgebrochen und ohne jede Spur von starker Erosion.

Man sieht, dass die Karstquellen in Karstpoljen, wie auch im allgemeinen im Karst, an gewisse Linien gebunden sind, und dass die Quellen längs diesen Linien in mehr oder weniger gleichen vertikalen Höhen vorkommen, wie z. B. an der NE Seite des Velika Kapela-Gebirges, im oberen Cetina-Tale etc. Nach der geologischen Struktur sind diese Linien Längs- und Querbrüche, d. h. die tektonischen Hauptlinien im dinarischen Gebirgssystem. Diese Anordnung findet man auch bei den Ponoren. Das ist kein Zufall, es ist eine Regel im kroatischen und westbosnischen Karste.

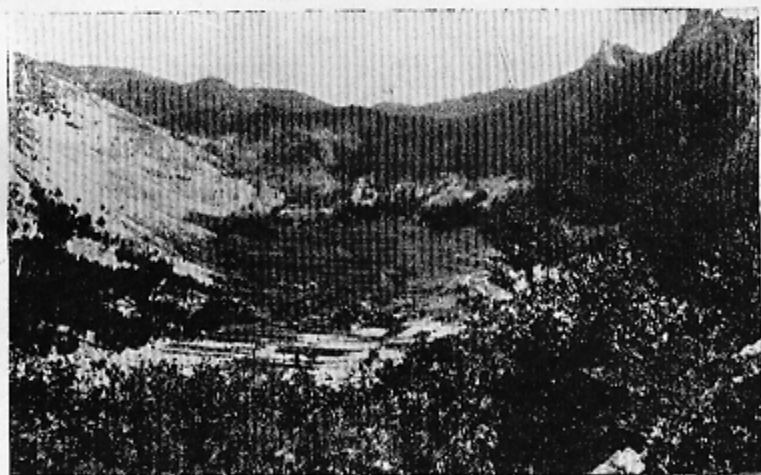
Gewöhnlich wird gesagt, im Karstpoljen sind die Quellen auf der einen, die Ponoren auf der entgegengesetzten Seite des Poljes. Auch diese Annahme deckt sich nicht mit den tatsächlichen Verhältnissen der Karstpoljen. Es gibt Karstpoljen mit Karstquellen auf beiden Polje-Seiten (Cetinsko Polje), es gibt Poljen mit Ponoren auf beiden Seiten (Livanjsko polje und Buško Blato). Ponore kommen in manchen Karstpoljen auch zwischen der Quell- und Ponor-Seite vor (Buško Blato, Kupresko Polje). Das beweist, dass unterhalb des Polje-Boden eine unterirdische Wasserzirkulation vorhanden ist. Ein besonderer Beweis dafür sind die Estavellen im Boden einiger Karst-poljen (Buško Blato). Diese Tatsachen sind ein schlagender Beweis, dass die Hydrographie der Karstpoljen nicht durch Erosion bedingt war, sondern die tektonischen Kräfte sind jener Faktor, welcher die Hydrographie in Karstpoljen, als auch allgemein im Karste vorbezeichnet hat.

Man darf aber auch die Tätigkeit der Erosion und Denudation in Karstgebieten nicht unterschätzen. Sie sind bestimmt von grosser Wichtigkeit für die Entwicklung der morphologischen Formen in den Karstgebieten, aber man kann der Erosion und der Denudation nicht die Bildung von solchen morphologischen Formen wie die Karstmulden und Karstpoljen zuschreiben, an welchen Formen man keine Spuren der Erosion beobachten kann. Es wäre unnatürlich die Entwicklung der genannten Karstformen ohne tektonische Kräfte zu erklären, gerade wie es unnatürlich ist, jene Karstformen nur durch Erosion und Denudation zu erklären.

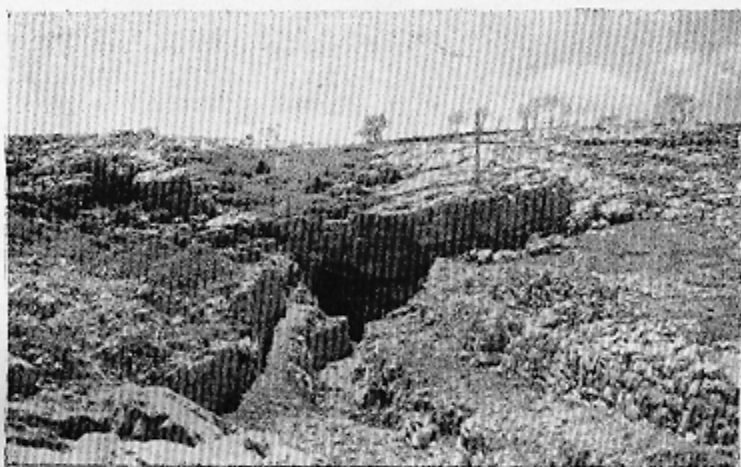
Wie die Erosion und Denudation einen grossen Einfluss auf die Entwicklung des Karstreliefs ausübt, gerade so ist die Tektonik jener Faktor, welcher der Arbeit der Erosion und Denudation die Richtlinien vorzeichnet. Aus der Gesamtheit aller diesen Faktoren in dem Karstgebiete resultieren verschiedene ober- und unterirdische morphologische Formen, welche das Karstphänomen bilden.



Sjeverozapadni dio krške uvale Vagan južno od Velike Popine, neravnog dna punog ponikava. Jurski vapnenci.



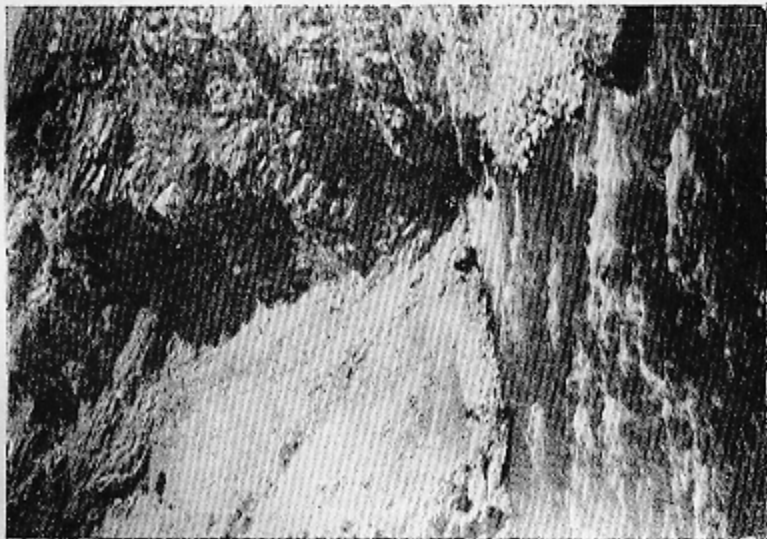
Krška uvala Crni Dabar u južnom Velebitu s ravnim dnom ispunjenim obronačnim ilovinama i zemljom crijenicom. Jurski vapnenci i kršnici.



Estavela Pećinica uz južni rub krškog polja Buško Blato, s oštrim
obrisima ulaza i strana. Kredni vapnenci.



Stari krški reljef ispod jezerskog nanosa u Ličkom polju kod sela
Lipa kraj Gospića uz desnu stranu rijeke Like. Gornjokredni
vapnenci.



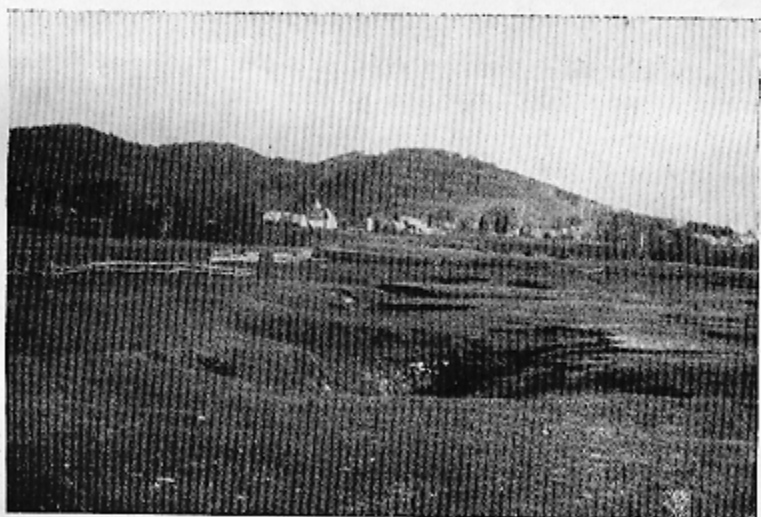
Krško uzlazno vrelo Veli Rumin uz lijevu stranu rijeke Cetine sa strmo odlomljenom stranom stranom bez tragova erozije na slojevitima krečnjačih vapnenaca. Voda se izliva u kanjonskom dolinom strmo odlomljenih strana u rijeku Cetinu.



Periodičko vrelo rijeke Tounjtice izlazi iz pećine kroz široku pukotinu ispod strmo odlomljene dolinske strane, bez tragova erozije.



Sjeveroistočni rub Duvanjskog krškog polja kod sela Sarajlije pokazuje ravni odlom terase Padine prema rubu polja, što je posljedica rasjeda, a ne jezerske ili riječne erozije. Kredni vapnenci.
Foto: J. Roglić



Niz ponora na sjevernom dijelu krškog polja Vrata kod Fužina, koji idu uz rasjedni pravac smjera siever-jug u dolomitu gornjeg triasa.