

МЕДОМИР С. МИЛИЋ

ЛУЖНИЧКА ВРЕЛА

— Прилог климатској морфологији краса —

УВОД

Под Лужничким врелима подразумева се велика скупина врела и извора распоређених дуж и изнад уздужног профила реке Лужнице, на 19,8 до 18,8 км од ушћа у Власину. Нарочито је интересантно асцендентно Љуберађско врело, које је истовремено и најиздашније по количини протицајне воде. Сва ова врела и извори су у ствари, у хидролошком смислу, главно извориште тока Лужнице, која се овде пробија кроз врлетну клисуру од кретацејских кречњака, дубоку 200—250 м, док узводније лењо отиче по дну Лужничког басена.

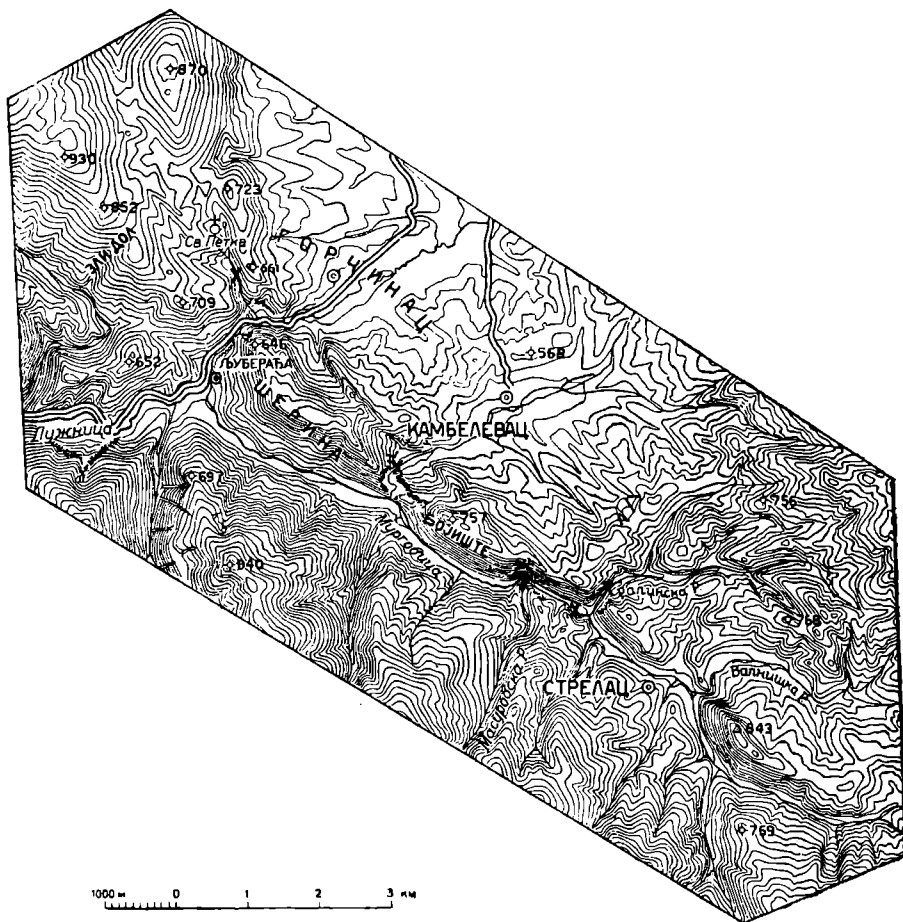
Прве информативне податке о врелима код села Љуберађе дао је *Ј. Цвијић* (1, с. 23, 38, 109 и 110), описујући температуре њихових вода и указујући нарочиту пажњу ерозивном водопаду званом Комарички вир. Тако су се релативно високе температуре, у раздобљу од 2 до 17 априла 1895 год., кретале „у границама од 13,24 — 16,50° Ц.“

О пореклу воде у врелима дуж Лужнице *К. В. Пећковић* (2, с. 47—48) износи следеће мишљење: „Река је просекла кретацејске кречњаке, који су крајњи Југоисточни издаци велике кречњачке антиклинале Суве Планине. Они овде тону, и покривају их друге формације. Како су слојеви нагнути од планине ка реци Лужници тј. од С. ка Ј. природно је што на овоме месту избија велика водена издан, за коју скупља воду цела централна кречњачка зона карста Суве Планине. Вода избија на неколико врела и даје главну количину воде реци Љуберађи.“

Ј. Б. Пећковић (30, с. 6) је истакао особине највећег врела у овим редовима: „Љуберађско Врело избија на излазу Лужнице из Љуберађског Ждрела. Подземна река истиче из пећине широке 3 а високе 1,2 м, непосредно изнад пута Бабушница-Бојинце ... У погледу издашности Љуберађско Врело спада у ред најбујнијих крашких врела Источне Србије.“

Док *Ј. Цвијић* и *Ј. Б. Пећковић* уопште не улазе у питање порекла воде у Лужничким врелима, *К. В. Пећковић*, разматрајући тектонски склоп Суве планине, већ указује и на неке инструктивне чињенице на путу решавања једног значајног хидролошког проблема ове области. Наредним излагањем ће се, међутим, учинити да цитиране поставке нађу своје право место, што нас је,

између осталог, подстакло да свестраније прегледамо досадашње резултате и прикупимо нова факта о једној, заиста, интересантној појави крашке хидрографије као што су Лужничка врела. Како постанак и еволуција ове појаве зависе од многих фактора, то смо били принуђени да испитамо и бројне корисне чињенице из непосредне околине.¹ Али, мора се истовремено истаћи да задатак



Ск. 1 — Хипсографска карта предела Лужничких врела.

X — места обојена уранином.

овога рада неће бити само голо доказивање порекла воде у овим врелима или хидролошке еволуције њиховог предела, већ утврђивање неких закона крашког процеса, који базирају на климатским

¹ Проучавања на терену вршена су у два маха, у току 1956 и 1958 год. Реферисано у Институту 19 XII 1958, а предато у штампу 31 III 1959 год.

променама. А те промене, као што је познато, утичу како на количине протицајне воде у воденим токовима тако и на диференцијацију педосфере, која својим особинама може да убрза, успори или чак онемогући образовање затворених крашких депресија, вртача и увала, типичних за зону умерене климе.

ГИДРОЛОШКИ ФАКТОРИ

Геолошка грађа. — У геолошку грађу овога краја, који је у ствари амбијент Лужничких врела, углавном улазе три основне зоне правца пружања СЗ — ЈИ. Ближе речено, ту имамо једну кречњачку греду уметнуту између два више или мање вододржљива терена.¹

Југозападна страна овог предела представљена је значајном масом вододржљивих стена. Тако, геолошки састав леве стране долине Мурговице, леве притоке Лужнице, сачињавају: пешчари, глинци, лапорци и незнатне интеркалације конгломерата и лапоровитих кречњака. И уздужни профил ове реке, сем на 5,8 — 7,6 км од њеног ушћа, где су релативно чистији кречњаци, углавном пресеца ове творевине (4). Те наслаге прелазе и на десну страну долине, осим на поменутом сектору, и чине подину кречњачким стенама централне зоне.

Од интереса је да се помене једна еруптивна жица која је пробила и метаморфисала кречњаке и лапорце на простору испод Градишта, с десне стране Мурговице а недалело од села Студене. Узводније од овог места цела ова серија слојева нагнута је ка североистоку.

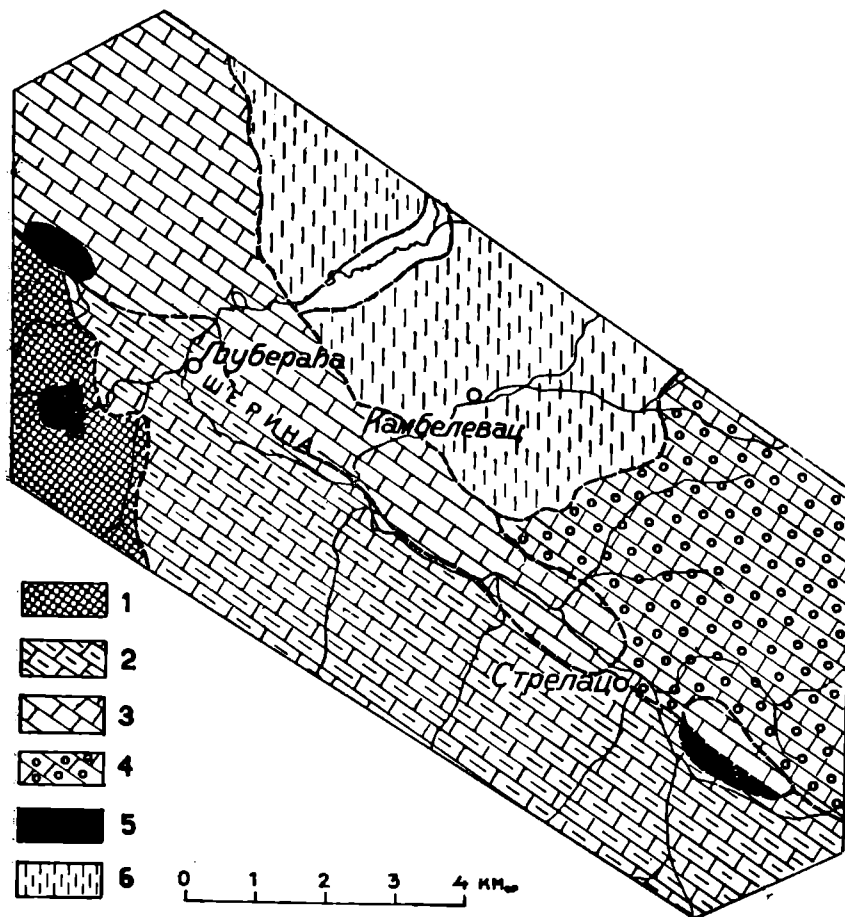
Југозападно од села Љуберађе, у долини Мурговице, развијени су слојеви отривског ката у батијалној фацији која је представљена глинцима и лапорцима са интеркалацијама кречњака (5, с. 29).

К. В. Пешковић (2, с. 46) о истој серији пише следеће: „Испред Љуберађе, на десној обали Лужнице преко лијаских слојева лежи моћна серија лапора, лапоровитих кречњака, пешчара и глинаца. Слојеви се наизменично многостручко смењују, врло су изгужвани, поломљени и највише стоје вертикално усправљени, или час на једну или час на другу страну нагнути. Правац пружања је стално, С—Ј.“

Ове творевине се продужују и према северозападу, скоро до села Линова где су поглавито лијаски пешчари, конгломерати, лапорци и кречњаци (3). И овде је, код Злог дола, утиснута у плочасте кречњаке ивичних делова централне зоне једна еруптивна жица, чији стеновити блокови показују карактеристике сфероидалног лучења.

¹ За ову прилику користили смо геолошку карту Пирот 1:100.000 и одговарајуће стручне публикације које се односе на нашу област. На секцији Босиљград 1:100.000 вршили смо екстраполацију наведених резултата.

Централна литолошка зона овога краја представљена је поглавито отривским и баремским кречњацима, у којима су уметнуте две мање партије лапораца. Она је на крајњем северозападу широка око 4 км, а идући ка југоистоку постепено се сужава. Тако,



Ск. 2 — Геолошка карта предела Лужничких врела (По К. В. Петковићу).

1 — јурски пешчари, конгломерати, лапорци и кречњаци; 2 — отривски пешчари, лапорци, глиници, конгломерати и кречњаци; 3 — отривски и баремски кречњаци; 4 — баремски пешчари и лапорци; 5 — еруптивне стене Запљанског раседа; 6 — плиоцени пескови, шљунак, гливе и конгломерати.

у простору између долина Лужнице и Камбелевачке реке има ширину 1—1,5 км, затим код ушћа Ралинске реке у Мурговицу —око 1 км, да би недалеко од села Студене нестала.

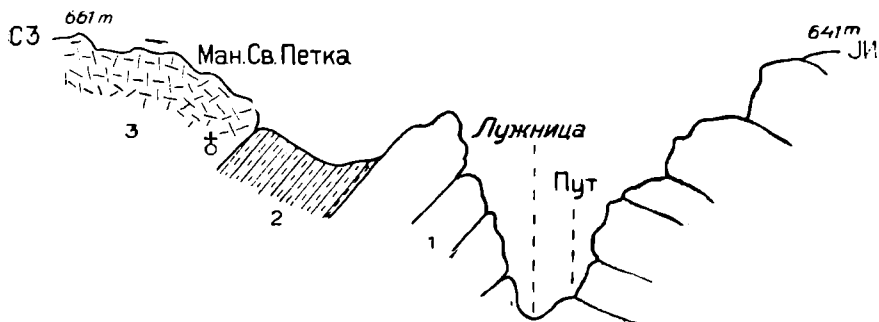
По К. В. Петковићу (2, с. 46 — 47), „Код варошице Љуберађе ова серија (мисли се на лапоре, лапоровите кречњаке, пешчаре и глинице — прим. Ч. М) прелази у сиве, мрке и црвенкасте кречњаке... Кречњаци су поређани у дебеле банке и падају на И. или СИ. под углом од 25°. Од ових кречњака је састављен и Љуберађски Крст северно од варошице.

Од Љуберађе па даље на исток, када се иде уз реку Лужницу, слојеви нису више убрани и изгужвани, већ имају углавном одређен заједнички правац пада ка СИ. И углови под којима падају нису стрми, већ благи. Ретко се наиђе на места где су слојеви нагнути више од 45°.

Код Ман. Св. Петке изнад Љуберађе, међу кречњаке Љуберађског Крста и Прибовице, уметнута је једна већа партија трошних лапораца, беле и пепељасте боје... Ту слојеви падају ЈЗ, под углом од 25°.

У простору клисуре Лужнице, од Љуберађе до Горчинца, развијени су жретацејски кречњаци. Тако, узводно од Комаричког вира „кречњаци су лепо слојевити, компактни, мрке боје. Слојеви су често представљени дебелим банцима који падају ка И. под углом од 40°. Између кречњака јављају се веће или мање партије лапора и пешчара. Испред самог села Горчинца, кречњаци су више распаднути, прљави, сиве боје и нагнути ка СИ. за 75° (2, с. 48).

Изворишни део Радаловца, леве кратке притоке Лужнице код Горчинца, представља малу депресију испуњену шареним терцијерним шљунком од кварца и сивих и црвених пешчара,



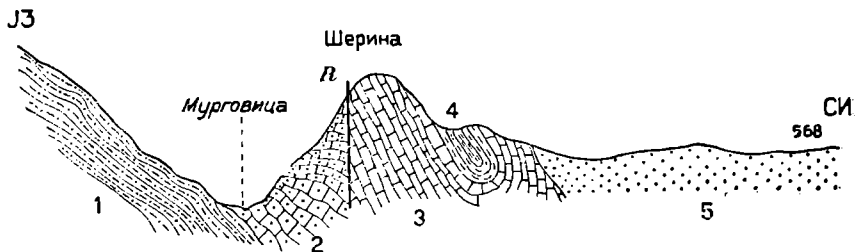
Ск. 3 — Геолошки сасџав долине Лужнице код Љуберађе. (По К. В. Петковићу).

1 — слојевити кречњаци отривског ката; 2 — лапори; 3 — масивни кречњаци (2 и 3 баремски ката).

док су у пределу ушћа прилике сасвим друкчије. Тамо је десна долињска страна од лапоровитих кречњака, који се на југу везују за камбелевачку лапоровиту серију. Ова партија лапоровитих кречњака, треба додати, уопште не прелази на десну страну Лужнице, где су искључиво кречњаци, којима је уосталом обележена и цела лева страна Радаловца.

Предео Ждрела Камбелевачке реке означен је кречњачким слојевима који су нагнути ка североистоку (З). У периферним деловима ове масе према лужничком терцијеру ситуација је нешто сложенија. Идући уз овај ток најпре се налази на лапоровите кречњаке и лапорце на дужини од око 300 м, затим на лапоро-

вите кречњаке на одстојању око 0,5 км и, најзад, на мању партију чистих кречњака. Ови последњи се граниче са терцијерним творевинама и такође падају ка североистоку. Описано стање нам показује да је овде изграђена кречњачка изоклина синклинала нагнута ка североистоку, у коју је уметнута једна мања лапоровита серија која не досеже дубоко испод уздужног профила Камбелевачке реке. Дакле, слично случају с лапоровитом серијом код манастира Св. Петке; само, тамо она не допире до корита Лужнице, већ заузима просторе брда над кањонском клисуром.



Ск. 4. — Геолошки сасџав долине Мурговице на ушћу Камбелевачке реке. 1 — отривски лапорци, глинци и пешчари; 2 — отривски кречњаци; 3 — баремски кречњаци; 4 — баремски лапорци; 5 — плиоцен; R — Заплањски расад (Конструисано на основу геолошких података К. В. Петковића)

Као што је речено, ова се зона идући ка југоистоку сужава. Али, она се истовремено истањује и издиже, како би њена лапоровито-пешчарска подина постала доступна проматрању. У пределу ушћа Ралинске реке кречњаци се још виде у кориту овога тока. Међутим друкчија је ситуација тамо где се улива Валнишка река: ове насlage се повлаче ка највишим деловима коса, а уздужни профили токова се усецају у вододржљиву подлогу.

Североисточну геолошку зону ове области образују терцијерне творевине Лужничког басена и баремска серија у сливовима Ралинске и Валнишке реке.

По К. В. Петковићу (5, с. 46), „у Лужничком басену плиоцени седименти испуњавају тектонску потолину горњег тока реке Лужнице. Представљени су разноврсним песковима, глинцима, конгломератима и врло ретко пешчарима“.

У подручју горчиначке махале, зване Старо Село, с десне стране Лужнице, терцијер је углавном представљен ситним шљунком и грубим и ситним песковима. Има мало и песковите глине у горњим партијама овог комплекса. Слојеви су хоризонтални или са благим падом (око 5°) ка југоистоку.

Простор махале Џонинаца, с леве стране поменуте реке, састоји се од терцијерног ситног кварцног шљунка, грубог песка и песковите и лапоровите глине. Притом, као да преовлађују прва

два литолошка члана, што се нарочито јасно види на оголићеним профилима многобројних клизишта.

На истоку од Шерине, с десне стране Камбелевачке реке, у састав плиоцена улазе песак и шарени шљунак. Иста је ситуација и под Бојиштем, с леве стране овог тока; ту се, сем тога, налази на крупне кварцне валутке који леже преко кречњака и допиру до хоризонтале од 730 м.

Простори сливова Валнишке и Ралинске реке представљени су баремским пешчарима, лапорцима и интеркалацијама кречњака. Цела ова серија је нагнута ка СИ и И (3).

На основу наведених чињеница могао би се извести следећи закључак о општем тектонском склопу терена у коме се јављају Лужничка врела.

По *К. В. Пејковићу* (2, с. 47 и 79), кретацејски кречњаци овога предела су крајњи југоисточни изданци велике антиклинале Суве планине, који овде тону и покривају их друге формације. Они се пружају правцем СЗ—ЈИ а слојеви им углавном падају ка североистоку; притом, у долини Мурговице налажу на вододржљиве стене отривске серије. На североистоку, преко централне кречњачке зоне наталожене су баремске и терцијерне творевине, при чему прве чине горњу вододржљиву брану нашег крашког терена.

Еруптивне жице код Злог дола и Градишта јасно истичу правац пружања Заплањског раседа, од СЗ ка ЈИ, на који је раније већ указао и *К. В. Пејковић* (2, с. 87). Ово нас наводи на помисао о интензивном убирању, које се нарочито одразило на пластичне масе мурговичке серије. А као последицу тих покрета имамо изразито саламање стена обе ове зоне, које је праћено еруптивним изливима.

Релјеф. — Релјеф југозападног дела овог подручја углавном је означен долином Мурговице, која иде паралелно са правцем пружања геолошких формација. Он носи печат, у целини, флувијалне ерозије чији непосредни израз представљају: густ сплет долина левих притока, ступњевите површи и терасе. За нас је најинтересантнија тераса од 15 м (433 м), с леве стране ушћа Мурговице. Широка је око 0,5 км, а њени представници се виде и низводније у долини Лужнице. Међутим она се узводно спаја са уздужним профилем главног тока у нивоу горње ивице водопада Комаричког вира.

Пластика кречњачке зоне има разноврсније особине. Она је, пре свега, представљена високом баријером која је уметнута између долине Мурговице и Лужничког басена. Њу су попречно прорезали хлисурасти делови долина Лужнице, Камбелевачке, Ралинске и Валнишке реке.

На југоисточним огранцима Суве планине, почев од Црног врха (1163 м), појасасто се спуштају скрашћени делови површи

од 1000—1200, 900—950, 800—840 и 700—750 м, које су међусобно одвојене благим прегибима. Њих просецају суве долинице, са мноштвом вртача, а које гравитирају или према Лужничком басену или ка Линовштици, десној притоци Лужнице низводно од врела.

У простору манастира Св. Петке изражене су површи од 700—750, 620—640 и 540—560 м. Ова последња се завршава над одсеком кањонске клисуре Лужнице. Ту серију скрашћених површи дисецира Манастирска падина са својим крацима и притокама. Узводно од поменутог манастира она има карактер суве доље, све до једног извора који избија на контакту кречњака и лапораца. После иде у облику нормалне долине са благим странама, а од саставка с Марковом падином залази опет у кречњачки терен и задобија V-облик у своје попречном профилу. Између Срндакова (709 м) и коте 661 долина постаје све врлетнија и обрасла трновитим растињем, да би изишла на одсек клисуре Лужнице и манифестовала се viseћим положајем.

Узводније од овог места, на месту званом Страње (испод коте 661), пружа се сува долиница која је дуга око 700 м. Она је уклопљена у површ од 560 м, а на њеном дну су поређане три велике вртаче. Завршава се на 550 м над одсеком кањонске клисуре Лужнице, који се вертикално обурвава и помера ка северу. Тим процесом увелико су подсечене и вртаче на дну ове суве долинице.

На Избишту, североисточно од села Љуберађе, налази се група великих вртача чија се дна често стропштавају. Као последицу тога имамо појаву замућивања оног врела које је каптирано за сеоски водовод.

Ток Лужнице се од Љуберађе до Горчинца пробија кроз кањонску клисуру која се, наспрам ушћа Манастирске падине, карактерише једним укљештеним меандром. Стрме стране ове клисуре су изроване многобројним точилима чији се доњи делови завршавају сипарским купама. Ту се виде и различито висински распоређени отвори окапина и других сувих каналића.

С леве стране Лужнице, изнад Комаричког вира, урезана је у кречњаке уска полица на 80 м (521 м). Изнад ње је сужени део површи од 620—640 м, док се на темену Шерине простире широка скрашћена површ од 750 м. Ова је изражена и на темену Бојишта (757 м), које је уметнуто између клисурастих делова Камбелевачке и Ралинске реке.

Узводно од ушћа Ралинске реке кречњаци пливају преко вододржљиве подине и они се ту истичу у облику хумова, као на пример Кале (841 м). Али то нема никаквог значаја за хидролошку еволуцију Лужничких врела.

У кањонским клисурама Камбелевачке и Ралинске реке нису испоњени никакви фосилни флувијални облици који би били вредни

помена. Ту су само стрми одсеци избушени многобројним окапинама и избраздани точилима и сипарима.

Североисточна зона области, у терцијерним и баремским творевинама, одликује се истим флувијалним елементима као што је случај у долини Мурговице. Они су, у ствари, последица поступног развитка и проширивања фазних облика (површи и тераса) из низводних делова слива Лужнице.

Клима, вегетација и њедосфера. — Годишња количина водених талога у сливу Лужнице износи 740 мм, а у сливу Мурговице 700 мм (4). Према подацима П. Вујевића (22, с. 15—17 и 28) о температурним односима (за станице Ниш, Пирот и Лесковац) и плувиометриском режиму (за станицу Ниш) може се закључити да се ова област одликује умерено-континенталним поднебљем.

У вегетационом погледу имамо углавном исте карактеристике које су заступљене на целој територији Србије: ту влада изразита обешумљеност терена, који је местимице прошаран голетима. Већи комплекси шуме виде се једино у извориштима левих притока Мурговице.

Што се тиче вегетационих и општих педолошких прилика, за нас је од највећег интереса терен централне кречњачке зоне, јер то има непосредни значај за појаву крашких и денудационих облика. Тако је на површима од 800—840, 700—750 и 620—640 м, с десне стране Лужнице, изражено скелетоидно земљиште у коме су овде-онде уметнуте партије црвенице¹ чији су горњи делови знатно хумизирани. Удео човека у обешумљавању овог краја најлепше се види из следећих редова Ј. Б. Пејровића (24, с. 14—15): „Године 1943, на имању манастира Св. Петке, у атару села Љуберађе, бугарски окупатори су потпуно искрчили манастирске забране ...“ То се одразило на интензивну ерозију тла и разлокавање релативно благих падина. Ништа није боља ситуација с леве стране Лужнице, где Камбелевачка и Ралинска река пресецају кречњачку греду, која се највише одликује скелетоидним земљиштем и шкрапарима.

Да бисмо боље разумели сложени скуп морфолошких процеса у ранијим геолошким периодима, морамо се осврнути на тадашњи карактер климе, вегетације и тла.

¹ О пореклу црвенице на гребену и у подгорини Суве планине писали смо на другом месту (23). Тада смо утврдили да њен постанак базира како на кречњацима тако и на црвеној серији (од пермских црвених пешчара и глинаца), која се јавља у виду алогоног материјала наталоженог преко кречњака. Међутим, у подручју долине Лужнице служиле су као геолошки субстрат за образовање црвенице, поред наведених, и терцијерне насlage Лужничког басена, међу којима и оне у изворишту Радаловца (шљунак од кварца и црвених пешчара и глинаца), а које су, што ће се доцније видети, покривале централну кречњачку зону. Касније су ови седименти спирани и премештани с виших на ниже површи и истовремено потпадали под утицај климатских промена са одговарајућом деструкцијом и преиничавањем карактера. Према томе, овде се, изгледа, ради о црвеници као реликтној творевини.

О клими панона и понта *Н. Панџић* (17, с. 305—306), пише: „У другој позлозини панона егзистовале су листопадне-летизелене и зимзелене мешовите шуме са доминацијом листопадних облика, док су зимзелени облици сведени на неколико родова (*Cinnamomum*, *Laugus*). Клима је била топлоумерена и суптропска са знатном влажношћу.

У понту је доминирала листопадно-летизелена шума (тургајски елементи) док су остали елементи — *Laugaceae*, *Leguminosae* и др. — само ретко представљени појединачним отисцима. У понту је клима била топлоумерена, умерено или знатно влажна.*

По резултатима *Д. Јаранова* (18, с. 438 и 442), у Македонији је за време понта владала медитеранска клима са нешто повишеним температурама, а у педолошком погледу је указивала на савански варијетет. Поднебље централних и јужних делова Балканског Полуострва карактерисало се истом климом и за време горњег плиоцена, што се расуђује на основу моћних наслага црвенице. То значи да је у плиоцено доба, у целини, био заступљен један прелазни тип између медитеранске и саванске климе. Међутим, од гинца до риса смењивали су се медитерански и средњоевропски климати, а у вирму средњоевропски и степски.

Упоређујући данашње климатске прилике на Земљиној површини са приликама ранијих геолошких периода добијамо следећу представу. По *В. Кејену* (19, с. 152), саванска клима се одликује годишњом висином атмосферских талоба од 1000—2500 мм и латеритом. А суптропски предели Пиринејског и Балканског Полуострва, по *Б. Ж. Милојевићу* (20, с. 19), имају годишњу висину атмосферских талоба око 1500 мм, с тим што се идући ка истоку може смањити и до 500 мм, док је црвеница главни тип педосфере.

Како од панона до краја горњег плиоцена имамо у нашој области прелазни тип између медитеранске и саванске климе, то се са сигурношћу може рећи да су температуре и висина талоба тада биле веће него што су данашње. То је повлачило и одговарајуће типове вегетације и педолошког субстрата, који су се стварали и развијали у одсуству човека.

Површинска хидрографија. — Ток Лужнице постаје од потока који одводњавају источне падине Суве планине (1163 м) и огранке Сливичког врха (960 м) и Големог стола (1068 м), а сустичу се на дну Лужничког басена. Овде се река често излива из корита за време наглог топљења снега или јачих киша и краткотрајно плави околну земљиште. Од 19,8 до 18,8 км протиче клисуром. Ушавши у клисуру, на 455 м апсолутне висине, ток такође плави алувијалну раван, широку 70—80 м, која је састављена од ситног песка и обрасла мочварном вегетацијом. Такве прилике владају скоро до једног меандарског рта (на 450 м апсолутне висине), а нарочито на месту званом Лука. Ниже ушћа Манастирске падине ова раван се сужава на 10—30 м а у њен састав улази шљунак и крупни блокови, да би, најзад, пред Комаричким виром, корито постало стеновито и застрвено бигреним наслагама. Око овог

укљештеног меандра, кас и ниже њега, распоређена су главна врела, која се сматрају за извориште Лужнице, пошто се њен узводни део лети често пресуши (4).

На 19 км од ушћа Лужнице, односно на 448,5 м апсолутне висине, настаје водопад Комаричког вира. *Ј. Цвијић* (1, с. 110) о њему пише: „Одсек, преко којег се вода сурвава, висок је 5 м. и састављен је од кречњака, који је само у десном крају преливен бигром... Комарички Вир, који је под овим скоком, представља бучницу, издубљену у кречњаку, дугачку у правцу речне ширине 10 м., широку 6—8 м., а дубоку 3—4 м.“ У њему није било могуће да се утврди присуство било каквог врела, јер је вода јако ускомешана стропоштавањем водопада.



Ск. 5 — Комарички вир

корита Лужнице, јавља се велики прелом на уздном профилу, те се вода ове падине разбија преко изразитог скока. Испод прелома је пространа плавина из које се процеђује вода потока, да би се убрзо улила у Лужницу.

Мурговица постаје од токова који се спуштају са Црног врха (1461 м), на југозападу, и Големе главе (1202 м), на југоистоку, а спајају се код села Студене. До ушћа Камбелевачке реке често пресушује преко лета, а низводно има стални ток захваљу-

Низводно од водопада, на висини од 441—430 м, Лужница напушта кречњачку подлогу и залази у уску зону лапоровитих кречњака. Одмах затим протиче кроз мурговичку лапоровито-пешчарску серију, која заједно с лапоровитим кречњацима чини доњу вододржљиву брану крашког терена Љуберађе.

Од интереса је да се опише и ток Манастирске падине, десне притоке Лужнице. Она почиње од извора, на 612 м код манастира Св. Петке, а на контакту кречњака и лапораца. Њена вода се разлива у облику тресаве по овој вододржљивој подлози, све до саставка с Марковом падином. Низводно су опет кречњаци (на 550 м апс. висине) и вода отиче преко различито разбацаних блокова, циновских лонаца и грубог песка. Најзад, на 45 м (495) изнад

јући такође сталном току ове притоке који настаје у Ждрелу. Та притока је узрок бујицама, од којих је једна (1957 год.) порушила велики мост код села Љуберађе. Мурговичино корито је углавном покривено крупним материјалом. Тамо где су кречњаци, од 5,8—7,6 км (односно од 488—522 м апс. висине), оно је местимице стеновито и са малим вировима. Такав је вир са заноглицом на хоризонтали од 496 м, који с десне стране речног корита прелази у широку дијаклазу и неколико обрушених блокова. И на ушћу Масуравске реке, на 493,7 м, види се у стеновитом кориту једна заноглица, на дијаклази која се протеже према одсеку на десној долиној страни.

Изворишни краци Валнишке реке, десне притоке Мурговице, наслањају се на Рњос (1205 м) и сустичу се код истоименог села. Ток је урезан целом дужином искључиво у вододржљиве седименте.

ТАБЛ. 1 СРЕДЊА ГОДИШЊА КОЛИЧИНА ПРОТИЦАЈНЕ ВОДЕ
У КОРИТУ ЛУЖНИЦЕ

Период од 1924—1940 год.¹

	S	P	P'	Q	q	C
Слив до врела	104	740	134	0,440	4,23	0,18
Врела	—	740	—	1,650	—	—
Слив од врела	104	740	634	2,090	20,1	0,86
Слив од ушћа Мурговице	217	720	488	3,355	15,46	0,67

Слична је ситуација и с Ралинском реком, такође десном. Мурговичином притоком, која лети обично пресушује; само, недалеко од свог ушћа (на око 1 км) она пресеца кречњачку греду. На простору баремске серије овај ток има континуалан пад, али на улазу у кречњачки терен (на хоризонтали од 550 м) долина постаје беспутна и са врлетним странама. Вода отиче преко две групе циновских лонаца. Прва је, идући узводно, на изохипси од

¹ По подацима хидрометеоролошке службе ФНРЈ (4).

S=површина слива у км²; P=просечна висина воденог талога; P'=висина отицања воденог талога; Q=количина протицања воде у м³/сек; q=специфично протицање у лит/сек; C=коэффициент отицања.

Обрачунавање вршено по М. Пардеовом (6) обрасцу за висину отицања воденог талога $P' = 31,557q$.

525 м и везана је за две проширене дијаклазе на десној долињској страни. Друга скупина лонаца је још већа и протеже се између хоризонтала од 535—545 м, одакле настаје изразит прелом на уздужном профилу (висок око 5 м) и сутеска је непроходна дуж тока. При доњем крају ове скупине, с десне стране, такође се види веома проширена дијастрома. Речно корито је углавном стеновито; само се на појединим местима, као и у циновским лонцима, налази на мале партије шљунковитог наноса.

Масуравска река, лева притока Мурговице, извире под Билом (1232 м) и цела је уклопљена у импермеабилне стене.

ТАБЛ. 2 СРЕДЊА ГОДИШЊА КОЛИЧИНА ПРОТИЦАЈНЕ ВОДЕ
НА УШЋИМА РЕКА СЛИВА МУРГОВИЦЕ

Период 1924—1940 год.¹

	Висина ушћа	S	P	P'	Q	q	C
Мурговица	418,2	113	700	352	1,265	11,15	0,50
Камбелевачка река	452,9	31	700	319	0,313	10,11	0,45
Масуравска река	493,7	6	700	434	0,082	13,75	0,62
Ралинска река	518	10,5	700	315	0,104	9,95	0,45
Валнишка река	551,8	9	700	386	0,110	12,22	0,55

Најзад, Камбелевачка река, десна Мурговичина притока, одводњава са својим изворишним крацима падине Големог стола (1235 м) и Корбеса (965 м). Код села Камбелевца она се разлива преко широке алувијалне равни и лети обично пресахне. Међутим, када се уђе у кречњачки терен Ждрела (на око 1,5 км од ушћа, односно на 470 м апсолутне висине) вода у кориту никада не пресушује, захваљујући једном сталном врелу. На горњем улазу у ту сутеску, с десне стране воденог тока, налази се једна издуха покривена грањем и другим биљним остацима. Код врела, на 465 м, види се група циновских лонаца, делимице испуњених песком и шљунком. Исто тако је заступљена још једна мања група ових облика на 458 м, док се нешто ниже, код меандарског рта, запајају две заноглице. Иначе, у кориту Ждрела преовлађује шљунковит нанос, сем на она два места где су циновски лонци.

¹ по подацима Хидрометеоролошке службе (4).

Како за Ралинску реку не постоје подаци, то смо вршили прорачуне на основу коефицијента отицања за Камбелевачку реку, јер њихови сливови имају сличне карактеристике (геолошки састав и др.). То поготову, што се у кориту Мурговице, од ушћа Валнишке до изнад ушћа Масуравске реке, протича повећава за 145 лит/сек, а на том сектору се управо улива Ралинска река.

ТАБЛ. 3 ВРЕДНОСТИ КОЕФИЦИЈЕНАТА ОТИЦАЊА
У РЕКАМА СЛИВА ВЛАСИНЕПериод 1924—1940 год.¹

Власина	Лужница	Мурговица	Градска	Тегош-ница	Пуста	Средње
0,50	0,57	0,50	0,70	0,57	0,34	0,53

Из табл. 2 видимо да слив Масуравске реке има највећи коефицијент отицања (0,62). То долази отуда што се рељеф одликује великим падовима и апсолутним висинама, као и вододржљивим седиментима у подлози, чиме се јако смањује испаравање и упијање знатнијег дела протицајне воде. Слична је ситуација и са Валнишком реком. Међутим, остали токови имају мање коефицијенте (од 0,45—0,50), поглавито због кречњачких партија уметнутих на појединим деловима уздужних речних профила, где се извесне количине воде губе и одлазе у друге токове. О томе ће доцније бити више речи, а подаци из табл. 3 послужиће нам као основна оријентација за анализу.

ГЕНЕЗА ВРЕЛА

Врела и окашине

Како би се проблем постанка Лужничких врела боље разјаснио, као и хидролошке еволуције овога краја, нужно је претходно приказати нека врела, изворе и окашине из непосредне околине.

Околна врела, извори и окашине. — Већ је раније поменут извор код манастира Св. Петке, који се налази на 612 м апсолутне висине. У доба осматрања (8 јула 1958 год.) количина његове воде кретала се око 1 лит/сек а температура му је била 6° С. Није већи ни извор у горњем делу Маркове падине, десне притоке Манастирске падине, који иначе има повремени карактер.

С десне долињске стране Мурговице, од Љуберађе до ушћа Ралинске реке, има неколико слабих извора на контакту кречњака и лапоровито-пешчарске подине. Тамо кречњаци најчешће допиру до корита ове реке, не прелазећи на леву страну, као на пример у пределу хоризонтала од 430, 435, 445 и 455 м. Количина воде у прва три извора износи 0,5—2 дл/сек, а у четвртом око 3 лит/сек.

Под Бојиштем, наспрам ушћа Масуравске реке, на 196 м (690 м) изнад корита Мурговице, налази се група од три окашине

¹ По подацима Хидрометеоролошке службе ФНРЈ (4).

зване Мале дупке. Све су изграђене на дијастромама које падају ка северистоку; тако су и канали нагнути. Оне се не продужују далеко у кречњачку масу, већ прелазе у мање пукотине. Над највећом од њих, на 4 м, удубљен је још један суви каналић. Треба додати, да се локација ових окапина поклапа с појавом поменуте заноглице у кориту Мурговице и дијаклазом која се пружа према Бојишту. Тиме се долази до закључка да су оне условљене укрштањем ове дијаклазе са дијастромама, па није искључено да се и данас један део речне воде инфилтрира у кречњачку подлогу, као што је био случај у доба изградње окапина.

С десне стране Ралинске реке, изнад доње групе циновских лонаца, налазе се три окапине зване Големе дупке. Оне су 135 м (660 м) изнад речног корита. Средња је највећа: улаз јој је висок 2,5 м и широк 4 м, а иде у дубину око 7 м; канал јој се благо пење услед обурваног материјала по поду. На крају је зачепљена цементованим облудима, шљунком и дробиним од кречњака.

На супротној страни долине, а у висини Големих дупки, види се једна окапина на веома проширеној дијаклази, која се протеже испод ње.

У Ждрелу, с леве стране Камбелевачке реке, на висини од 5 м (470 м) избија дуж дијаклазе врело Бигар. Количина протицајне воде износи 3—5 лит/сек, а температура му је 8°C. Ова вода образује ток преко травертинских наслага и сручује се у непосредну близину у два циновска лонца у речном кориту.

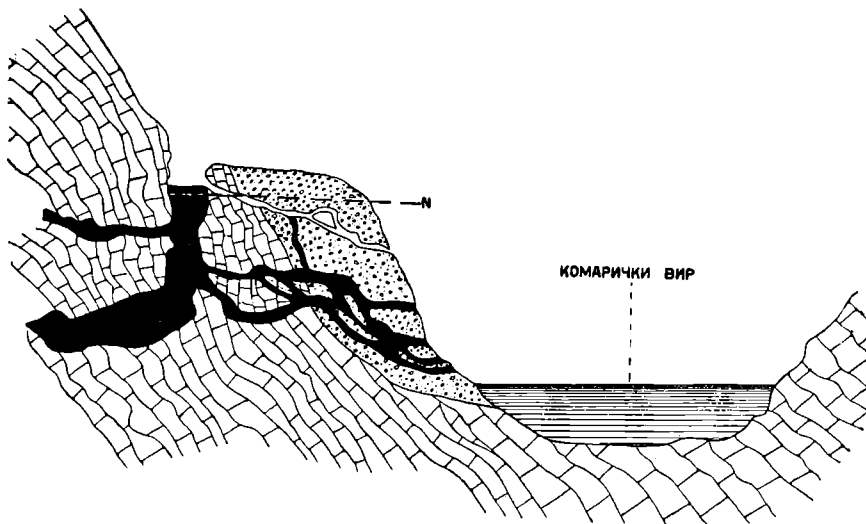
Изнад овог врела налази се окапина на 480 м апсолутне висине. Канал је веома узак, али се запажа да пада ка реци. Идући уз кречњачки одсек, нешто низводније од овог места, налази се на још један суви канал, на 500 м апсолутне висине.

У правцу Бигара, с десне стране Ждрела, на 22 м (487 м) види се суви качалић чији отвор има пречник од 0,30 м. Изнад њега је на 41 м (505 м) окапина звана Баба-Спасина рупа. Улазни део ове каверне висок је 1,5 м и широк 2 м. С леве стране њеног отвора издиже се каналић који прелази у виглед. Иначе, канал окапине се благо спушта и сужава идући дубље у кречњачку масу. То нам говори да је овде, у време ранијег еволутивног стања уздужног профила Камбелевачке реке, један део воде понирио и одлазио према северозападу. На овај закључак нас упуњује и чињеница, што с десне долинске стране ове реке не постоји ни једно врело. Међутим, лева страна у том погледу показује знатну издашност, што има за последицу да речно корито у Ждрелу никада не пресушује.

Наспрам малог меандарског рта, с леве стране Ждрела, на 85 м (540 м) удубљена је окапина Булулејина рупа. Њена локација се поклапа са већ поменутим двама заноглицама у речном кориту.

Лужничка врела. — Као што је већ раније речено, Лужничка врела се састоје од низа већих или мањих врела и извора и, као таква, биће детаљно описана, укључујући и многобројне окапине на одсецима кањонске клисуре.

На око 80 м низводно од Комаричког вира, с леве стране речног тока, избија Врело I које је асцендентног карактера. Оно се налази на 5 м (446 м) изнад оног дела речног профила који је низводно од водопада. Само, треба додати, да је ниво овог врела био подзидом издизан (око 1 до 1,5 м) ради добијања већег пада за воденицу која лежи непосредно на њему. Тиме је потенцирано и кључање воде у врелу. Повише њега (око 20 м) истиче слаб извор који се може занемарити.



Ск. 6. — Шематски изглед Врела III и Шравершинских наслага.

N — Ниво после извршене регулације и каптаже за водовод Љуберађе.

Наспрам ове воденице, у нивоу корита Лужнице (на 441 м), пласирано је Врело II. Оно је гравитационо и температура воде је иста као у Комаричком виру, 10°. Његова појава је условљена контактом кречњака с подином од лапоровитих кречњака, који низводно прелазе у лапорце и пешчаре.

Узводније, а на 20 м ниже од Комаричког вира, издубљена је једна сува окапина. Она се налази у нивоу горње ивице овог водопада (на 448,5 м)¹, односно на 7,5 м изнад Врела II или 5 м над бучницом. Канал је дуг око 15 м који се нагло пење, и то улево, посматрајући од улаза.

Врело III, односно Љуберађско врело, избија с десне стране Лужнице у правцу водопада. Највећи део воде навире асцендентно

¹ По подацима Хидрометеоролошке службе ФНРЈ (4).

изнад пута Бабушница—Власотинце, на 3,5 м изнад бучнице. Други, мањи део се у млазевима пробија кроз неколико травертинских каналића на 1—1,5 м изнад узбурканог нивоа Комаричког вира. Оно је, иначе, каптирано за потребе водовода села Љуберађе и повремено се мути, када се вртаче на Избишту стропоштавају приликом већих киша.

ТАБЛ. 4 ПОДАЦИ ОСМАТРАЊА ЛУЖНИЧКИХ ВРЕЛА¹

Ред. бр.	Име	Апсолутна висина	Температура у °С	Протицај у лит/сек	у %	Средњи протицај у лит/сек	Примедбе
1	Врело I	446	9	280	14,14	295,5	
2	Врело II	441	10	10	0,51	10,7	
3	Врело III	452	11	1337	67,53	1411,4	
4	Врело IV	449,5	8	140	7,07	147,8	
5	Врело V	449,5	9	25	1,26	26,3	
6	Врело VI	450	10	5	0,25	5,2	
7	Врело VII	450	8,5	150	7,58	158,4	
8	Врело VIII	450,5	8	10	0,51	10,7	
9	Врело IX	451	9	2	0,10	2,1	
10	Врело X	452	9	5	0,25	5,2	
11	Врело XI	453	9,5	5	0,25	5,2	
12	Турски Кладенац	454	7	0,05	—	—	
13	Лужница	456	20,5	11	0,55	11,5	Корито повише Горчинца
Укупно:				1980	100,00	2090	

Ј. Цвијић (1, с. 110) сматра да је ово врело утицало на стварање бигра којим је преливен (у моћности око 1 м) само десни

¹ Осматрања су вршена 10 јула 1958 год. како за протицаје тако и за температуре воде.

Као репер за одређивање апсолутних висина послужила нам је висина горње ивице водопада Комаричког вира (од 448,5 м) која је узета из података Хидрометеоролошке службе ФНРЈ (4).

Количине протицајне воде на врелима и у кориту Лужнице код Горчинца мерене су на терену једног истога дана. Оне су овде приказане и у процентима у односу на укупну измерену количину. Затим, на основу добијених процената и укупне средње количине протицајне воде у речном кориту од Лужничких врела (види табл. 1), која иначе базира на подацима Хидрометеоролошке службе, прорачунате су приближне средње протицајне вредности како за врела тако и за ток Лужнице код Горчинца. Ово смо учинили због тога, што су ове вредности у подацима Хидрометеоролошке службе дате глобално само за врела у пределу 19-тог километара (отприлике за врела од 1—5), а оне вредности узводних врела прикључене су току Лужнице. То, међутим, није тачно, јер су врела распоређена од 18,8—19,8 км од ушћа ове реке, како се уосталом изричито тврди и у текстуелном приказу воденог тока (4).

крај одсека преко кога се вода стропоштава у Комарички вир. Од целокупне количине воде, дате на табл. 4 под 3, највећи део иде испод пута за потребе воденице, нешто мање (око 300—400 лит/сек) протиче кроз шупљикаву масу травертина испод воденице и, најмање, за сеоски водовод. Оно је, иначе, најтоплије међу врелима овога терена.

По причању власника воденице, раније је ниво овог врела изнад пута лети стагнирао, односно оно се, како то схвата С. М. Милојевић (7, с. 91), „привидно“ пресушивало. Томе је био разлог један одводни каналић који је био изграђен како у кречњаку тако и у травертину. Због тога су били принуђени да сифонски канал врела подсеку и спусте за 1 м и тиме су обезбедили сталан прилив воде у воденичка витла. Пре изградње каптаже за водовод, отвор врела је био доступан проматрању. Тада се могло утврдити да је вертикални (узлазни) део сифона био дубок преко 5 м, и да је њему притицала вода из једног хоризонталног канала.

Изнад Љуберађског врела види се неколико отвора сувих каналића, који служе као сведоци ранијих хидроеволутивних стања.

С леве стране водопада налази се мала прераст неправилног пирамидалног облика. Кроз њу пролази један део воде Лужнице, и то поглавито из воденичких јазова узводно од водопада. Ова вода се, испод прерасти, рачва у два дела: један се убрзо стропоштава у Комарички вир, а други је јазом спроведен ка воденици на Врелу I. Висина прерасти (око 3 м) говори да се вода Лужнице и при ранијим еволутивним фазама рачвала и ишла веома кратким подземним путем.

На око 100 м узводно од Комаричког вира, с леве стране Лужнице, излива се из малог сипара гравитационо Врело IV. Оно се налази на 1 м (449,5 м) изнад речног корита. На 6 м (455,5 м) над овим врелом удубљена је окапина, чији је канал дуг око 20 м и који се благо пење идући у кречњачку масу.

Гравитационо Врело V је на 100 м узводно од Врела IV, а 0,5 м (449,5) изнад уздужног профила Лужнице. Његова вода отиче малим цурцем у правцу овог другог врела и спаја се, с леве стране реке, у јазу који је усмерен ка воденицама изнад Комаричког вира. И над њиме има неколико сувих каналића образованих дуж дијастрома и дијаклаза. Интересантно је напоменути да Врело V није функционисало 2—3 године за време Другог светског рата. То је свакако последица привременог загушивања доводних канала.

С десне стране Лужнице, око 50 м узводније, у нивоу речног корита (на 450 м) истиче вода Врела VI. На 1—1,5 м изнад овог врела види се мала окапина (дубока 2—3 м) из које вода излази само повремено.

На 100 м ниже од меандарског рта, који је пресечен путем Власотинце—Бабушница, вода Врела VII стаче се с леве стране

непосредно у речни ток. Овде се и у кориту Лужнице виде многобројни клобуци које ствара асцендентна вода. Изнад њега, на 5 м (455 м), види се суви каналић као сведок ранијег хидрографског стања.

Нешто узводније, опет с леве стране, излива се Врело VIII у алувијалну раван Лужнице, да би се после 20 м његова вода спустила (око 0,5 м) у речно корито.

На десном долинском одсеку, узводно од ушћа Манастирске падине, запажа се отвор окапине зване Мечја дупка. Она је на висини од 90 м (541 м), а канал јој пада ка главном речном току.

У пределу хоризонтале од 451 м, на левој страни корита Лужнице, слабо кључа песак што говори о присуству извора који у овом раду фигурира под именом Врело IX. Изнад њега, с десне долинске стране, види се неколико сувих каналића који су тако распоређени у вертикали да досежу до једне подсечене вртаче. Ово место се, иначе, зове Страње.

На 30 м узводно од споменутог меандарског рта такође кључа вода из песка, и то с леве стране у нивоу речног корита. То би било Врело X.

Иста је ситуација и с Врелом XI, које се излива из узбурканог песка с леве стране Лужнице.

У Луки код Горчинца, на левој ивици алувијалне равни Лужнице, налази се слаб извор Турски кладенац. Количина његове воде је тако мала да се може занемарити у општем билансу вода приказаном на табл. 4.

Најзад, од интереса је да се помене да је код села Горчинца температура воде Лужнице (20,5° С) веома висока, због тога што се она широко разлива по речном кориту.

Из општег приказа врела, текстуелног и табеларног, може се учинити мала рекапитулација. Сва су врела, пре свега, стална, док водени ток Лужнице узводно од њих преко лета често пресушује. Само једно од њих (Врело III) повремено се мути. Посматрајући њихове релативне висине према уздужном профилу Лужнице, како низводно тако и узводно од Комаричког вира, пада у очи да се оне идући уз реку, сем у случају Врела II, по правилу смањују да би најзад срасле с висином речног корита. Такође се у том смеру смањује и протикај: до водопада (Врела I, II и III) количина ове воде износи 1627, а узводно 353 лит/сек. Од укупног броја врела само три се налазе на десној долинској страни (Врела II, III и VI), али која у погледу количине воде (са око 1352 лит/сек) знатно надмашују она на левој страни Лужнице (са око 628 лит/сек). На асцендентна врела отпада шест (Врела I,

III, VII, IX, X и XI)¹, а остала су гравитациона, с тим што од укупне количине протицајне воде на прва врела долази око 1779 лит/сек. По причању мештана, најзад, максималне количине воде наступају крајем априла и почетком маја, а минималне су заступљене крајем септембра и почетком октобра. Према томе, наша осматрања (на дан 10 јула 1958 год.) приближно се поклапају с периодом средњих вода, што се може утврдити из табл. 4, где се запажају минималне разлике између наших измерених количина протицајне воде и средњих годишњих количина протицајне воде, које су израчунате на основу података Хидрометеоролошке службе ФНРЈ (види табл. 1).

Порекло воде у Лужничким врелима

Пре него што приступимо питању порекла воде у Лужничким врелима учинићемо једну општу констатацију о речној мрежи овога краја, и то на основу досад приказаних чињеница.

Заједничка је карактеристика за Лужницу, Камбелевачку и Ралинску реку да оне долазе из мање или више вододржљивих терена и просецају кречњаке централне зоне. Оне су, према томе, алогене реке које успевају колико-толико да савладају крашки процес и да се одрже као нормални токови, било стални (Лужница и Камбелевачка река у кречњачким клисурама) или повремени (Ралинска река на целој дужини).

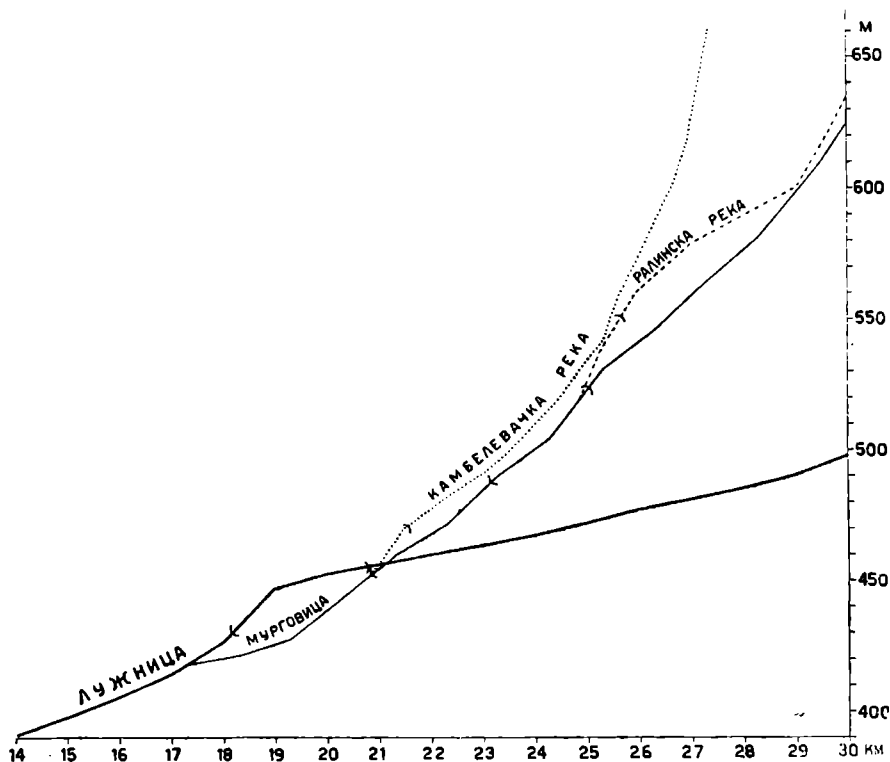
Ове реке, поред заједничких, имају и посебне карактеристике. Прво, у долини Ралинске реке, у кречњачком сектору, виде се само окапине (на десној страни) и издухе у речном кориту које су одводиле и одводе воду ка северу, док врела уопште нема. Друго, у Ждрелу Камбелевачке реке заступљено је једно врело (Бигар) и издухе и окапине (Баба-Спасина рупа) оријентисане ка долини Лужнице. И, треће, дуж кањонске клисуре Лужнице, од Горчинца до Љуберађе, постоје само врела и окапине, које су у ранијим фазама имале исту хидрографску функцију као врела данас.

Из ових карактеристика се види да је подземна хидрографија оријентисана у истом правцу као и површинска — ка кањонској клисури Лужнице. Притом су само клисурасти делови Лужнице и Камбелевачке Реке, као релативно најнижи, са сталним токовима. Управо, у том простору је ерозијом највећма снижена вододржљива брана мурговичке лапоровито-пешчарске серије.

¹ На основу температура воде (види табл. 4) једино би Врело III било асцендентног карактера, јер су оне обично повишене услед навирања воде из великих дубина. Сем тога, улазни крак његовог сифона био је доступан проматрању. За остала врела (I, VII, IX, X и XI), међутим, констатовали смо да су асцендентна по кључању воде која се пробија кроз нанос од ситног песка и муља. Да ли је то кључање воде, условљено кратким сифонима на крају доводних канала, гравитационих особина — о томе се може само нагађати на основу нешто снижених температура (у односу на Врело III).

Све ове констатације послужиће нам као полазна тачка при решавању порекла воде у Лужничким врелима, поготову с леве стране речног тока.

Посматрајући најпре податке из табл. 3, који говоре о коефицијентима отицања у рекама слива Власине, може се утврдити да би се средње вредности кретале од 0,50—0,55, нарочито ако се



Ск. 7 — Висински односи уздужних профила Лужнице и њених притока.

() — сектори са кречњачком подлогом.

узму у обзир коефицијенти за Мурговицу и Лужницу. Следећи, даље, податке из табл. 1 видимо доста одступања у приказаним вредностима у односу на наведене средње коефицијенте.

Тако, у сливу до врела¹ коефицијент отицања износи 0,18, што представља знатан дефицит према средњим вредностима. То

¹ Под њим се подразумева слив до врела на 19-том километру од ушћа Лужнице, овако како је графички приказан у подацима Хидрометеоролошке службе ФНРЈ (4). Тиме се ситуација умногоме не мења упркос томе што нисмо узели сва врела до 19,8 од километра, јер су разлике у површинама сливова између ових

значи да се велики део воде губе узводно од улаза у кањонску клисуру, јер у њој нису запажене никакве издухе. Тај дефицит настаје, поред испаравања и потрошње од вегације (што је уосталом ушло у биланс приликом израчунавања средњег коефицијента отицања), и значајним упијањем у претежно водопропустљиве плиоцене седименте код Горчинца. Зато се ток Лужнице и пресушује узводно од овог места.

Исто тако, у делу слива Лужнице од врела запажа се коефицијент отицања од 0,86, што представља суфицит изнад средњих вредности. Одакле потиче тај суфицит? Пре свега, да би се биланс воде, који је иначе поремећен оним мањком узводно од врела, поравнао до вредности средњих коефицијената (од 0,50—0,55) мора се доћи до логичног закључка да један део воде потиче из Лужничког басена, која се тамо упила у плиоцене седименте. Међутим, други, суфицитарни део у врелима (изнад нормале до коефицијента од 0,86) добија се свакако из предела који морфолошки и хидрографски не припадају сливу Лужнице у ужем смислу, односно овој реци у подручју истоименог тектонског басена. Према свему судећи, та вода потиче са јужних огранака Суве планине и из сливова Мурговице, Камбелевачке и Ралинске реке. То ће се уосталом видети на основу следећих нових чињеница.

Ако погледамо, најпре, температуре воде у свим врелима (види табл. 4), запазићемо да су оне углавном различите. По томе би се могло претпоставити да и њих хране посебни системи канала и пукотина, премда није искључено да се они на неки начин и преплићу. Једино је могуће да врела I, V, IX и X припадају једном јединственом систему канала, јер имају исту температуру (9°C) и налазе се на левој долињској страни. Али, треба напоменути да су ово само индикатори, а поузданије доказе морамо тражити на другој страни.

На десној страни Лужнице нарочито је интересантно врело III (Љуберађско врело) како због свог карактера тако и због релативно највеће количине протицајне воде. О пореклу воде у њему могу поузданије говорити следеће чињенице. Прво, његово замућивање у време када се стропоштавају дна вртача на Избишту јасно указује да се једним делом храни из северног правца. И, друго, једино ово врело има на свом отвору травертинске наслаге, и то упркос чињеници што се одликује највишом температуром и што се то, као што је познато, неповољно одражава на апсорпциону моћ воде у односу на CO_2 и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. По правилу, требало би да буде обрнуто — да и друга врела излучују бигар, и то ако не више оно бар као ово. Разлог овој аномалији је сва-

тачака незнатне. Чак би се притом коефицијент отицања још више смањно у односу на дату вредност за „слив до врела“. Сем тога, било би веома ризикантно калкулисати са узводним врелима, јер је у наведеним подацима количина њихових нота прикључена протицајној води целог горњег тока Лужнице, поготову што се наша осматрања тих врела односе само на један једини дан.

како у томе што подземне воде, које хране Врело III, прелазе далеко већи пут од осталих и да при том растварају веће количине калцијум-карбоната који се таложи на одсеку водопада.¹ То, међутим, већ није случај са Врелом I, које се такође, али са нешто мање висине (4—5 м), сручује у корито Лужнице. Све у свему, потпуно је у праву *К. В. Пејковић* (2, с. 48) када тврди да велики део воде у Лужничким врелима потиче из крашке области Суве планине, што опет не искључује могућност да извесне количине воде у Врелу III долазе и из плиоцена Лужничког басена.

У погледу порекла воде у врелима II и VI, такође с десне стране Лужнице, може се, на основу температуре, рећи да немају никакве везе са Врелом III иако је ово удаљено од првог врела за неких 60—70 м. Њих вероватно хране посебни системи канала и пукотина чија сливна подручја нису много удаљена од главног речног тока.²

Што се тиче порекла воде у врелима с леве стране Лужнице, логично је да би требало да она долази из Лужничког басена, Мурговице, Ждрела Камбелевачке реке и Ралинске реке. Јер не може се претпоставити да кречњачки комплекс као што је Шерина (у површини од 3,2 км²), која је уметнута између Камбелевачке реке и Лужнице, може обезбедити укупну количину протицајне воде у свим врелима (од око 628 лит/сек).³ То поготову, што ово брдо храни и изворе с десне стране Мурговице, који се налазе на контакту кречњака и лапоровито-пешчарске подине, а да и не говоримо о оним изворима према терцијеру Лужничког басена.

Ако бацимо поглед на податке из табл. 2, видећемо да је коефицијенат отицања Камбелевачке реке (0,45) мањи од Мурговичиног (0,50). Тај дефицит воде условљен је упијањем како у плиоцене седименте тако и у издухе и заноглице у Ждрелу. Сличан дефицит свакако настаје у клисурастом делу Ралинске реке, отицањем једног дела кроз издухе на дну циновских лонаца. Према

¹ Апсорпциона моћ воде на CO_2 и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ зависи и од притиска, који је нарочито велики у сифонима. Ако се, пак, те особине воде удруже с великом количином, као што је случај с Врелима I и III, онда се може очекивати значајан рад на разлагању кречњака. И поред тих заједничких особина, травертин се таложи само на грлу Врела III, а да не говоримо о Бигару у Ждрелу Камбелевачке реке, који је по карактеру гравитационо врело и са релативно малим протицајем. То значи да је за стварање травертина код Врела III био одлучујући далеко већи пут који морају да савладају његове подземне воде.

² Чинили смо један, додуше безуспешан, покушај бојења воде у Манастирској падини, где смо у речно корито бацили незнатну количину (око 200 гр) уранина, и то у циљу доказивања свентуалне везе овог површинског тока са врелима на десној страни Лужнице.

³ Ако бисмо узели висину атмосферских талоба (700 мм) и коефицијенат отицања (0,50) за слив Мурговице, онда би за подручје Шерине просечан протицај био 35,5 лит/сек. То је, међутим, далеко испод средњег протицаја врела с леве стране Лужнице.

томе, из тог правца могле би се очекивати извесне количине воде у Лужничким врелима.

Да бисмо се уверили у исправност овакве претпоставке извршили смо бојење воде на неколико тачака на уздужним профилима Мурговице (наспрам ушћа Масуравске реке и једног вира, на хоризонталу од 496 м), Камбелевачке (у простору једне издухе на горњем улазу Ждрела, на 470 м) и Ралинске реке (код издухе на 535 м). Обојена вода се, по причању воденичара, појавила у јазу који збира воду из Врела IV и V. Из кога је, управо, од ових врела избила флуоресцентна вода, то нису запазили, вероватно из разлога што се вода из њих разлива у широким и плитким млазевима, иако се из првог врела често употребљава за пиће.¹ Само, за нас је то довољан доказ да се Лужничка врела хране водом и из предела који немају никакве везе са Сувом планином. А и нагиб мурговичке вододржљиве серије од Валнишке реке ка Лужници, која подилази под централну зону, један је од индикатора гравитације подземне хидрографије слива Мурговице према овом врелу (види стр. 28).

Појава воде у пределу Врела IV и V, напомињемо, не искључује могућност да се подземне воде из Лужничког басена инфилтрирају у канале који су у вези са издухама у сливу Мурговице. Али, то се, и поред најбоље воље, није могло на овоме терену проверити, иако рачуница јасно указује да се у врелима може очекивати и вода из плиоцених наслага, како из слива Лужнице тако и слива Камбелевачке реке.

Ова анализа разноврсних факата показује, према томе, да се Лужничка врела хране водом из различитих области, а не само из Суве планине како би се на основу општег погледа на тектонски склоп овога терена с правом могло узети. Јер, заиста, кречњачка зона ове области је, узев у грубим цртама, како тектонски тако и морфолошки, нагнута од Суве планине ка југоистоку. Међутим, гравитација подземне хидрографије показује сагласност и одступања у односу на тај нагиб.

Као што смо видели, у режиму Лужнице низводно врела јавља се један суфицит, који се добија одузимањем средњег коефицијента за слив Лужнице (0,50—0,55) од вредности стварног коефицијента (0,86), што би износило 753,5—875 лит/сек. Ова, суфицитарна, вредност је, међутим, мала да би покрила количину протицајне воде Врела III, а велика у односу на сумарни протицај врела с леве стране Лужнице, као и количине која потиче из слива Мурговице. То, у крајњој линији, значи да врела и с леве и с десне стране главног тока добијају знатне количине воде из плио-

¹ Уранин (око 1 кг) бачен је на наведеним тачкама 5 јула 1958 год., и то: у Ралинску реку у 12, у Мурговицу у 16 и Камбелевачку реку у 17 часова. У јазу Врела IV и V обојена вода се појавила сутрадан око 14 часова.

цена Лужничког басена. Тим водама се, уствари, покрива и онај дефицит који смо раније већ поменули (види стр. 43).

Посматрајући, например, Врело III (Љуберађско врело), које даје 67,53% од укупне количине воде у кориту Лужнице низводно од њега, види се да је то више него што би се могло очекивати на основу средњег коефицијента отицања (0,50—0,55), дакле више од 1215—1336,5 лит/сек. Ако би се притом претпоставило да се ово врело највећим делом храни целокупном подземном водом из Лужничког басена, ипак би се јавио један суфицит од 74,9—196,4 лит/сек (види табл. 4). Тај суфицит, иако вероватно умањен оваквом претпоставком, у сваком случају потиче из подручја Суве планине, поготову што се не може поћи од тога да сифон овога врела евентуално подилази испод Комаричког вира и да се снабдева водом из јужног правца.

По свему судећи, највећи део воде у Лужничким врелима потиче из плиоцена истоименог тектонског басена. Она отуда, прожимајући канале и пукотине у кречњачкој маси, долази како из слива Лужнице у ужем смислу тако и слива Камбелевачке реке. То је омогућено тиме што лапорци и лапоровити кречњаци у источном делу централне зоне заузимају повлатни положај, и то тако да или остају по страни кањонских клисура или су веома мало загуруени испод уздужних речних профила. Целокупна вода поглавито протиче кроз изоловане системе канала и нагомилава се пред вододржљивом браном мурговичке серије. Притом се, вероватно, делимице меша са водом која потиче из других реона, потенцирајући различите температурне односе у врелима дуж тока Лужнице.

Из свега проистиче следећи закључак. Прво место у снабдевању Лужничких врела подземном водом заузима Лужнички басен. Затим долази кречњачки терен Суве планине и, најзад, токови Мурговице, Камбелевачке и Ралинске реке, који пресецају мање кречњачке партије.

Хидролошка еволуција области

За свестрано поимање хода хидролошке еволуције наше области потребно је да се, прво, сазнају узроци постанка Лужничких врела, као и околних врела и окапина, и, друго, развитак речне мреже овог дела слива Лужнице.

Основни узрок — зашто су се Лужничка врела појавила баш на овом месту — свакако морамо тражити у изразитој фисурацији кречњака централне зоне. Таква особина ових стена је последица како примарних (процеса седиментације и стварања дијастрома) тако и секундарних утицаја. Ови други, као што је познато, огледају се у дејству ендеогених и езогених сила, из којих резултирају разноврсне пукотине — параклазе, брахиклазе и др. За нас је ипак најзначајније присуство Запањског раседа, као највеће пукотине, чији се карактер и старост могу ближе одредити.

Заплањски расед се у овом терену не манифестује орографски већ само тектонски, и то, како *К. В. Пејковић* (2, с. 88) претпоставља, као линија најакхивања. Његово доба постанка поклапа се са главном фазом убирања у области Суве планине, које је несумњиво започело крајем горње креде и вероватно завршено крајем еоцена и почетком олигоцена (2, с. 87, 88 и 91). Значи да је овај расед формиран у веома дугом временском периоду и да је то, у ствари, прилично стара дислокација.

Посматрајући карактер и старост Заплањског раседа и других пукотина овога краја (дијастрома, дијаклаза и др.), видимо да се њихов најбитнији одраз, фисурација кречњачких стена, испољава као променљива појава, која се сукцесивно све више и више повећава. Али, ако узмемо описане чињенице о врелима и окапинама и релативно малу старост Лужничких врела, запажа се и то да се ова фисурација не понаша увек на исти начин. Наиме, Заплањски расед, и поред свог веома дугог постојања, није одмах утицао на појаву ових врела, као и интензитет крашког процеса уопште, већ је за то био потребан релативно дужи временски период. Да би се, међутим, ова, сасма супротна, дејства исте дислокационе линије и других пукотина у потпуности разумела, морамо се осврнути на развој речне мреже у овом делу слива Лужнице, који се, опет, налази у нераскидивој вези са морфолошком еволуцијом.

Ако бацимо поглед на токове Лужнице и Камбелевачке реке, видимо да они најпре пролазе кроз језерске плиоцене седimente, затим пресецају виши терен централне зоне да би се њихове воде, најзад, спојиле код Љуберађе. И овде је, као што се запажа, посреди једна геоморфолошка аномалија: ове реке не конвергују ка једној од најнижих тачака на дну Лужничког басена, већ иду готово паралелно кроз плиоцен и кречњачку баријеру (котлински обод) и тек у клисури стварају јединствен ток Лужнице. Ова се појава може једино објаснити, као што смо већ једном приликом учинили (8 с. 25), епигенетским усецањем речне мреже у овом делу слива Лужнице. Као прилог овој констатацији говори и чињеница о горњој граници језерских седимената у Лужничком басену (од око 730 м), која није много нижа од Бојишта (757 м), највише коте поменуте баријере. Из тога, управо, следи и закључак да је површ од 700—750 м, као и оне ниже од ње, формирана флувијалним процесом млађим од плиоцених наслага.

Треба нагласити да је овај моћан комплекс језерских седимената над кречњачком зоном био маскирао Заплањски расед и друге пукотине, тако да се крашка ерозија у то време није могла очекивати. Тек оголињавањем карбонатне подлоге речном мрежом наступају литолошке погодбе за тај процес, али ни тада се није развијао неометано. Јер, усецањем слива и изградњом површи, језерске наслага нису биле одмах однете, већ су преталожаване с виших на ниже површи и тиме угушивале пукотине и спреча-

вале знатније упијање атмосферске воде. Тај материјал је истовремено трпео последице климатских промена, што је изазивало или смањивање или повећање крашке ерозије. А она је, међутим, дефинитивно ступила на позорницу морфогенезе тек када је овај мање-више модификовани материјал денудован са геолошког субстрата — кречњака.

Изградња површи од 700—750 м није праћена никаквим крашким процесом који би условио типичне затворене облике — вртаче, увале и суве долинице. Једино Мале дупке под Бојиштем, указују на дисперсију ондашњег воденог тога Мурговице, али то ипак ништа не мења основну слику флувијалног рељефа.

Ни за време следеће фазе, у доба површи од 620—640 м, нису још завладали повољни услови за стварање затворених крашких депресија. Само су Големе дупке, на десној страни Ралинске реке, пандан овога циклуса.

Иста је ситуација и у доба површи од 540—560 м, којој је синхронична Булудејина рупа у Ждрелу Камбелевачке реке.

Млађе флувијалне фазе, испод нивоа површи од 540—560 м, представљене су терасама од 80 м (521 м) и 15 м (433 м) и данашњим уздужним речним профилима. Притом, ова најнижа тераса није захватила цео ток Лужнице, већ узводно од Комаричког вира прелази у некоординирану долину. Тај прелаз се одликује хучним водопадом. Исте су прилике с Манастирском падином, чији је некоординирани део долине одвојен водопадом високим 45 м (495 м), као и Ралинском реком на чијем се уздужном профилу јавља прелом висок 5 м (550 м). То значи да регресивна ерозија данашње флувијалне фазе није успела да подједнако захвати поједине делове слива Лужнице. Она је то више учинила тамо где су снажнији токови. У том погледу је на првом месту Лужница, затим долази Камбелевачка река и, најзад, Манастирска падина. Зато ова последња има највећи прелом на свом уздужном профилу.

Треба напоменути да се тек после образовања површи од 540—560 м јасније назире типични крашки облици. То се манифестује сувом висећом долиницом на Стрању, с десне стране кањонске клисуре Лужнице. После тог периода, односно испод тог нивоа, окапине су учестанија појава на странама клисуре Камбелевачке реке и Лужнице. Као да је отада настао преокрет у морфолошким процесима овога предела: крашка ерозија се нагло развија на рачун флувијалне и у пејзаж се утискују изразитије вртаче, врела и водопади. Само, то не значи да је флувијални процес потпуно савладан на главним уздужним речним профилима.

Најновија флувијална фаза обележена је врелима која су распоређена дуж Лужнице и Камбелевачке реке или изнад њих. У следећим редовима покушаћемо да објаснимо узроке оваквог распореда.

Нарочито је интересантан положај Врела I, II и III у пределу Комаричког вира, јер је овде регресивна ерозија Лужнице достигла свој највећи износ. Ту имамо овакву појаву: Врело II је у нивоу речног корита, Врело I је на 5 м, а Врело III на 8,5 м изнад овог сталног тока. Излази, према томе, да је врело с најмањим протицајем успело да сагласи свој уздужни профил (као гравитационо) с локалном базом, док друга два, иако јача, имају viseћи положај. По правилу би требало да је обрнуто, јер токови са већим протицајем лакше саглашавају своје уздужне профиле према локалној бази, поготову када се налазе на истом геолошком субстрату. Узроке овој аномалији треба, пре свега, тражити у чињеници што је отвор Врела II најближи кориту Лужнице, те је она непосредно просекла ниже пукотине и изазвала спуштање воде, која је раније вероватно излазила из оближње окапине. Међутим, друга два врела, због веће удаљености од речног корита и сифонског облика одводних канала, морају сопственим снагама, које су несумњиво мање од Лужничине, да изграђују нормалне криве падове. То се већ испољава код Врела III, где један део воде излази испод воденице, чиме се скраћује и спушта узлазни крак његовог сифона.

За врела узводно од Комаричког вира, било асцендентна или гравитациона, може се рећи да су поглавита у нивоу уздужног профила Лужнице. Она су, према томе, успела да сагласе своје излазне отворе с нивоом локалне базе, што имају да захвале релативно дужем геолошком периоду. Управо, на том сектору кањонске клисуре спојена су, са становишта геолошке хронологије, два временска раздобља: фаза терасе од 15 м и данашња речна фаза. То, међутим, није случај са уздужним профилем Лужнице ниже Комаричког вира, где је заступљена само ерозија данашње флувијалне фазе. А пошто се он, у односу на узводни део реке, више спустио, то су Врела I и III остала у viseћем положају. Ове чињенице говоре нам у крајњој линији да су сва врела у клисури, сем Врела II, некоординирана у односу на данашње стање флувијалног процеса низводно од бучнице.

Viseћи положај Бигара у Ждрелу Камбелевачке реке настао је углавном услед његовог малог протицаја, и то упркос чињеници што река има узводно повремени карактер. То значи да је ерозивна моћ овога тока ипак већа него што је има поменуто врело.

Већ смо раније (на стр. 41) констатовали да се, идући уз Лужницу, количине протицајне воде у целини смањују. На основу тога добија се утисак да вода тежи ка најнижим пукотинама и каналима, преграђеним вододржљивом браном мурговичке серије, и да тамо највише истиче, док се вишак воде излива на отворима узводнијих и виших канала. Тиме би, изгледа, били задовољени принципи загађеног карста које је изнео *П. С. Јовановић* (9, с. 398 и 399). Међутим, ако се погледају температуре тих врела запази-

ће се и одступања од ове опште поставке: њих као да хране у основи изоловани системи канала, који су вероватно међусобно повезани каналићима и другим ситним пукотинама. Ова узајамна веза нарочито би се односила на Врела I, V, IX и X, чије су температуре једнаке, а количина протицајне воде им се смањује идући узводно. Сем тога, знатну тешкоћу овом основном утиску представља и факат што је она сува окапина испод пута Бабушница—Власотинце висински уметнута између два стална врела, Врела II и III. По правилу, требало би да из ње такође истиче вода.

Ако бисмо хтели да се, на основу примера Лужничких врела, коначно одредимо за неку од теорија о крашкој хидрографији (Пенк-Грунда, Кацер-Мартела, Цвијића и П. С. Јовановића) намеће нам се као нужност — потпуно познавање циркулације подземних вода у овом терену. То, нажалост, нисмо могли постићи на основу оскудних резултата које нам је пружио бојење воде уранином. Али, као поучна чињеница остаје и то да се подземне воде дренирају ка пределу највећма еродоване вододржљиве бране представљене лапоровито-пешчарском серијом, што има за последицу да доњи токови Мурговице и Камбелевачке реке, као и Лужнице испод врела, никада не пресушују¹. То би значило да ова брана, у грубим линијама, утиче на доњу границу истицања подземних вода, али њен удео у угушивању или изазивању крашког процеса у залеђу доцније ћемо више обележити. Јер, главни задатак овога рада је, заправо, свестрани приказ генезе врела, која је у уској вези са морфогенезом, а он се може дати и на други (посредан) начин, а не само путем бојења, доказивањем порекла подземних вода, што је у основи само технички посао.

На крају, учинићемо осврт на крашке процесе у речним коритима, и то поглавито тамо где се поклапају локације пукотина (дијастрома и дијаклза) и издуха са циновским лонцима и вировима. Очити примери су за то: две групе циновских лонаца у клисури Ралинске реке, заноглице код ушћа Масуравске реке у Мурговицу и циновски лонци у Ждрелу Камбелевачке реке, у близини Бигара и Баба-Спасине рупе. Откуда та подударност положаја?

Као што смо видели, разне проширене пукотине, које се, овде-онде, на литицама кањонских клисура повезују за отворе

¹ Пешчари и лапорци нису у нашем случају апсолутно непропустљиве стене, поготову ако се има у виду њихова фисурација која је настала тектонским процесима. Али ове стене, у односу на кречњаке, садрже мање СаСО₃ и СаО, који имају особине бољег или лошијег цемента, и зато се пукотине хемским процесима такође мање проширују, што је важан предуслов за живу циркулацију крашке воде. Према томе, ако се стене са мањом и стене са већом циркулацијом воде налазе једне поред других, овда је разумљиво што ће се прве понашати као релативно непропустљиве. Те разлике, управо, и условљавају висине истицања подземних вода из кречњачких терена.

окапина, такође пресецају речна корита. На тим местима се вода растаче у два правца: један део продужује се површинским путем, а други одлази у подземље. У почетку је процес упијања незнатан, али ипак довољан да изазове ковитлачно кретање воде и стварање циновских лонаца. То се нарочито догађа у време великог поводња, када се иначе доноси и већа количина алогеног или аутохтоног материјала који потпомаже кородирање дна ових облика. Када се, међутим, протицај смањи, на дну лонаца стварају се вирови и талози материјал. Упијањем воде проширују се одводни каналићи, али се истовремено могу загушити материјалом. Све, дакле, говори да се на дну ових депресија врши и проширивање и загушивање издуха. Који ће од та два процеса преовладати, све зависи од карактера донетог и наталоженог материјала. Јер, није свеједно да ли је тај материјал песковито-шљунковит или глиновито-лапоровит. Притом се прва врста понаша као водопропустљива и тиме погодна за несметани развитак крашке ерозије.

Ова летимична анализа циновских лонаца и издуха показује да се на уздужним профилима алогених река ове области води непоштедна борба између крашког и флувијалног процеса. Као што смо утврдили већ на другом месту (10, с. 117), први облици су одраз нормалне, а други — крашке ерозије. Да ли ће издухе прерасти у зјапеће поноре, а затим и у вртаче или ће преломи на уздужним речним профилима са циновским лонцима задобити благе падове са широким алувијалним равнима, све зависи од гранулације нанесеног материјала. Тај калибар, међутим, проистиче из других узрока које ћемо доцније више анализирати.

У нашим теренским условима видимо да циновски лонци прелазе у издухе и поноре који растачу воду у друге речне токове. Лепи примери за то су: Големе дупке, са цементованим материјалом у унутрашњости канала, затим Мале дупке и Баба-Спасина рупа. Није, према томе, искључено да и садашњи циновски лонци у будућности прерасту у сличне окапине на кањонским странама. То ће се, разуме се, остварити само у оном случају ако се данашње физичко-географске погодбе и даље задрже. Али, и о томе ће још бити говора.

КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ И КРАС

Из приказа хидролошке еволуције ове области, која се преплиће са морфолошком, уочава се да смо оперисали са два главна елемента: фисурацијом кречњачких стена и површинском хидрографијом. Притом је узето да хидрографија делује као релативно стална појава која се у дужем периоду сама по себи не мења, а да се фисурација сукцесивно мења и то у смислу повећавања. Такав методолошки поступак примењује, уосталом, готово већина припадника Цвијићеве географске школе. Управо, *Ј. Цви-*

juh (11, с. 13) је морфолошки развитак у кречњачким теренима објашњавао на тај начин, што се реке најпре усецају у вододржљиве повлатне седimente, али када зађу у кречњачку подину оне не могу одмах да их карстификују све до оног момента док се пукотине довољно не прошире и стална хидрографска зона не спусти до знатнијих дубина.

И поред свих добрих страна ове Цвијићеве концепције (која се ослања на Пенк-Грундове идеје), нарочито са становишта смењивања флувијалних и крашких процеса, морамо истаћи неке њене слабости. Пре свега, преовлађује утисак да се површинска хидрографија у природи понаша као релативно сталан елемент, који се у кречњачким теренима само утолико мења уколико се пукотине проширују и тиме изазивају смањивање протицаја сталних или повремених токова. Нигде се, затим, не може запазити схватање да количине протицајне воде зависе и од климатских и других промена и да је, притом, хидрографија променљива појава, без обзира на крашки процес у одводним пукотинама и каналима. Исто тако, не води се довољно рачуна и о томе да је процес затрпавања и загушивања кречњачких пукотина стална пропратна појава крашке ерозије.

На отклањању ове друге слабости Цвијићеве концепције, премда посредним путем и ради других циљева, учествовао је *Б. П. Јовановић* (12, с. 101), када је разматрао карактеристике алогених река у кречњачким теренима.¹ Укратко, по њему, стални или повремени водени токови код алогених река настају из два разлога. Прво, оне имају велике количине протицајне воде које потичу из вододржљивих терена. И, друго, оне доносе еродова и материјал и њиме непрекидно затрпавију и загушују пукотине у кречњачкој подлози. Реке, притом, својом ерозивном снагом уништавају пукотине, пре него што би се развиле у зјапеће поноре и вртаче, и истовремено их затрпавају или угушују мењајући с времена на време и њихову апсорпциону моћ. Тако се оне одржавају као нормални токови, било стални или повремени. Овај аутор (12, с. 106) прихвата, сем тога, општепознате истине о сукцесивном скрашћавању од изворишта ка ушћу. То је разумљиво „с обзиром на општу појаву да се млађи фазни делови уназадно увлаче у старије; старији, изворишни делови знатно заостају у удубљивању у односу на усеченост низводнијих делова долина, односно узводнији делови су, због тог заостајања, издигнутији изнад загата... Раније скрашћавање изворишних делова потпомогнуто је и тим што се ту по природи јављају слабији и повремени токови, те ту постоји већа могућност да се они изгубе и по незнатнијим пукотинама.“

¹ Запажене резултате у овоме смислу дао је много раније *Ј. Рогли* (16), када је аналисао „наплавине“ донете алогеним рекама из вододржљивих терена и њихов утицај на биохемијске процесе при образовању површи по ободу крашких поља.

Иако наведене констатације садрже у себи јаку логику, ипак се у вези с њима морају учинити извесне допуне и измене.

Пре свега, и овде се узима да је протицај алогених река сам по себи дат и да се он мења захваљујући само упијању или понирању воде у пукотине кречњачких терена, што већ није случај, ако се подсетимо да овај елеменат у природи зависи и од секуларних климатских и других промена. Даље, сасвим се оправдано води рачуна о донетом материјалу који може да успори крашки процес, а у изузетним случајевима чак и да га онемогући. Ни то питање није ипак обрађено до краја, јер није свеједно да ли ће издухе у речном кориту бити затрпаване песковито-шљунковитим или глиновито-лапоровитим творевинама; познато је, међутим, да прва врста материјала пропушта воду, чиме се крашки процес не може зауставити. Треба нагласити да се и одлике алогеног или аутохтоног материјала, посматрано кроз призму геолошке хронологије, временом и те како мењају.

Даље, сукцесивно скрашћавање изворишта не настаје само услед слабијих и повремених токова, већ и због тога што тамо преовлађује грубљи (водопропустљивији) материјал на дну релативно ужих долина. Идући низводно, овај материјал, узев у целини, постаје све финији и мање пропустљив у односу на воду. Зато се и о томе, поред повећања протицаја, мора водити рачуна, као и о чињеници да су садашња изворишта у ранијим етапама развитка рељефа могла припадати средњим или доњим токовима неких река и да су трансформацијом (пиратеријом и сл.) постала оно што су данас. Поступно проширивање крашке ерозије у изворишту због његове некоординираности и издигнутијег положаја изнад загата такође је могуће, али само од оног момента када је крас почео да задобија своју иницијалну физиономију. Тај момент, међутим, није условљен нивоом загата, већ слободном циркулацијом подземних вода, што непосредно зависи од калибра нанесеног материјала. И о томе ћемо још детаљније дискутовати у наредном излагању.

Основе схватању о загаћеном карсту дао је *П. С. Јовановић* (9, с. 398 и 399), ослањајући се на познате Цвијићеве хидрографске зоне и концепције о крашкој морфолошкој еволуцији (11). Укратко, те идеје дефинисане су нарочито и у следећим редовима: „Према томе, хидрографска и морфолошка еволуција у оваквим загаћеним кречњачким масама зависи *пошћуно од нивоа вододржљивог Шерена* (подвукао Ч. М.) који се на њих наслања.“

Истина, доцније овај аутор донекле коригује основну идеју, што се огледа у следећим речима: „Но, постојање тих високих извора (на одсеку Девнице— прим. Ч. М.) није ни у каквој опречности са схватањем о загаћеном красу јер се они налазе изнад загата. А загат, сасвим разумљиво не може утицати на општи крашки процес *изван свог захвата* (подвукао Ч. М.), нити пак може спречити да на тај процес изван његовог утицаја делују други фактори и да га модификују“ (21, с. 47).

Основе ове теорије био је, у последње време, прихватио и разрађивао на конкретним примерима низ његових ученика међу којима је био и писац ових редова. И поред свих њених добрих страна, нарочито са гледишта формирања локалних издани на контакту стена различитог капацитета водопропустљивости и сукцесије смењивања крашке и нормалне ерозије, ипак се налази на извесне тешкоће при решавању оног критичног момента — када се крас манифестује својим типским облицима (вртачама, увалама, сувим долиницама и др.), управо када хемиска ерозија престаје да потпомаже флувијалну при изградњи њених елемената и постаје, посматрано са становишта нашег поднебља, крашка у правом смислу те речи. Недостатак загађеног карста је и у томе, што не може у потпуности да објасни крашки процес у каналима сифонског карактера, који се налазе испод нивоа вододржљиве бране.

О заостајању крашког процеса у извориштима река у односу на низводне нормалне долинске делове, окарактерисане сниженим нивоом загага, *Б. П. Јовановић* (12, с. 106 и 107) пише следеће: „Мада се у току еволуције крашког рељефа скрашћавање врши сукцесивно од горњих ка доњим деловима система, место где ће се прво прекинути површински ток зависи у великој мери од јачине протицаја и локалних услова за упијање: ширине иницијалних пукотина и њихове густине, дужине и капацитета подземних мрежа, распореда регулационих узина, дужине подземне ерозије, растворљивости кречњака, ерозионе енергије подземних токова итд.“

И из овога би проистекло да снижење нивоа загага није *ајсолућни узрок* за почетак и ток крашке еволуције у кречњачким теренима, како је то творац ове теорије првобитно изричито тврдио (9, с. 399).

Теорију о загађеном карсту нарочито је побијао *Ј. Б. Пејровић* (13, с. 27—39), критикујући њене поставке о циркулацији подземних вода, и то са становишта асцендентних врела. Међутим, о узроцима крашке еволуције у кречњачким теренима није се одмакло од основа које су Мартел и Кацер дали већ поодавно. Јер, ни он није исцрпније разматрао проблем загушивања пукотина донетим материјалом било са кречњачких падина или из узводних вододржљивих подручја. Али стоји и чињеница да је, управо, овај аутор дао иницијативу да се провере поставке загађеног карста, што се у овом раду чини друкчијим методолошким поступком, и то поглавито са гледишта климатске геоморфологије.

Већ смо раније (8, с. 102 и 103) учинили скроман покушај да и климатске промене, односно промене у количинама протицајне воде, уврстимо као фактор који обезбеђује или не нормални развитак флувијалног процеса, без обзира на знатно снижење загага. Али, тада ни ми нисмо обратили пажњу на утицај речног или денудованог материјала при затрпавању пукотина, чији карактер такође зависи од климатских и других промена.

На основу факата из околине Лужничких врела, као и стеченог искуства у другим подручјима, учинићемо још један осврт на поставке о загађеном карсту.

Посматрајући, најпре, мурговичку лапоровито-пешчарску серију, она је кончан вид вододржљиве бране задобила тек после завршеног главног убирања у области Суве планине, које се, по речима *К. В. Пејковића* (2, с. 91), обавило вероватно крајем еоцена и почетком олигоцена. То значи да је она веома стара и да се њена улога могла испољити од оног момента када је речна мрежа пресекла кречњачку повлату и зашла у вододржљиву серију, и то тако да се данас ова два литолошка члана налазе заједно на уздужном профилу Лужнице, при чему је овај други заузео низводни, „одлучујући“ положај. Када је, управо, овај момент наступио то се не може рећи са сигурношћу на основу расположивих чињеница. Само је извесно и то да је кречњачка повлата, у односу на мурговичке лапоровито-пешчарске седименте, спочетка била слободна и, према томе, са те стране није било сметњи за образовање крашких облика. Упркос томе, у овом терену биле су образоване широке флувијалне површи, које смо већ раније били описали. Када је, заправо, лапоровито-пешчарска серија преузела улогу загата?

Усецањем речне мреже и изградњом широких флувијалних површи у кречњачкој повлати откривене су и подинске вододржљиве стене. Значи, површи су том приликом, као представнице нормалне ерозије, захватиле на ширем пространству обе литолошке зоне. Тада лапорци и пешчари још нису играли улогу вододржљиве бране, јер у кречњацима, и поред присуства Запаљског раседа и других пукотина, још није била оживела интензивна циркулација подземних вода. Пошто су те пукотине, како ћемо доцније више сазнати, биле затрпане донетим материјалом, то су се и кречњаци мање-више понашали као вододржљиве стене. Тиме је била искључена улога мурговичке серије као загата. Међутим, када се у централној зони променио карактер донетог материјала, а лапорци и пешчари су регресивном ерозијом били већ снижени, почело се вршити пребацавање површинске хидрографије у кречњачку унутрашњост. Тада мурговичка серија постаје вододржљива брана и почиње да условљава доњу границу истицања подземних вода из кречњачке зоне.

Ова анализа показује да вододржљива брана није одлучујућа за иницијалну крашку еволуцију у кречњачким теренима. Наиме, зачетак и ток ове еволуције сагласан је, упркос постојању загата, климатским и другим факторима (величини и честини пукотина, алогеном материјалу и педосфери, хемиском саставу стена, ерозивној моћи подземних токова и др.). Због тога ћемо у даљем излагању, сасвим оправдано, занемарити загат као одлучујући фактор крашке ерозије.

* * *

Да бисмо у потпуности, а на бази нових схватања, разумели генезу врела и великог обиља крашких облика (окапина, издуха, вртача и сувих долиница) у овом крају, морамо се још једном

осврнути на карактеристике фисурације кречњачких стена, подземне и површинске хидрографије и геолошког састава у залеђу кречњачке зоне. Јер, како вели *С. М. Милојевић* (14, с. 10), распоред и честина пукотина, као и њихова водопропустљивост, посредни су чиниоци крашког процеса. Мора се такође водити рачуна о хидрографији и литолошком саставу у залеђу кречњачких терена, пошто и од њих, како ћемо већ видети, зависи степен крашке еволуције. Они чак, у нашем случају, више делују на генезу крашких облика него, на пример, загат који се у ствари налази низводно од ових елемената у рељефу.

Већ смо раније (на стр. 48) били поменули старост и карактер Запањског раседа и других пукотина (дијастрома, дијаклаза, брахиклаза и др.). Видели смо и то да је централна зона била покривена плиоценом акумулативном равни и да се речна мрежа овог дела слива Лужнице поступно усецала у њу. При оголићавању кречњачке основе изграђена је серија флувијалних површи, што је знак да функција ових пукотина није имала готово никакав значај. То се може судити и по томе што у вишим нивоима има веома мало окапина. Тек после образовања површи од 540—560 м, у рељефу се јављају вртаче и суве долинице, а кречњачки одсеци бивају избушени све гушћим сплетом окапина. То значи да се од тога тренутка обавило интензивније пребацивање површинске хидрографије у кречњачку унутрашњост. Шта је условило тај критичан моменат?

Такође смо били истакли значај затрпавања кречњачких пукотина речним и денудованим материјалом. Особине тога материјала могу се с времена на време битно изменити. Час ће бити представљен песковито-шљунковитим а час глиновито-лапоровитим наслагама; некада је и помешан како међусобно тако и са црвеницом, осулином и сл. Све, дакле, зависи од физичко-географских погодаба, које владају у датој етапи развика рељефа.

На гранулацију материјала, пре свега, посредно утичу климатске промене. Клима, као што је познато, условљава промене у количинама протицајне воде, што има за последицу повећавање или смањивање падова у рељефу. Она делује на бујност и распрострањење вегетационог покривача, а тиме и на биохемиске процесе у педосфери. Најзад, и интензитет падавина зависи од овог елемента природе.

По *В. Сергелу* (15, с. 38 и 62), влажна клима повећава количине протицајне воде и ерозију, поспешује развика вегетације и утиче на правилан распоред воденог талога. Притом шумска и травна вегетација спречавају механичко, а изазивају хемиско распадање стена, обустављајући преношење дробине везивањем. Ово значи, да су тада и падови мањи, што са осталим факторима доводи до стварања ситног, глиновито-лапоровитог материјала у алувијалним равнима и глиновитог тла на околним узвишењима.

Такве творевине морају, у сваком случају, довести до загушивања одводних пукотина и канала у кречњачким теренима, што није редак случај са вртачама, на чијем дну се стварају локве, поготову ако се помешају са разним биљним остацима.

Међутим, по речима истог аутора (15, с. 41 и 42): „Са опадањем атмосферског талога повезано је и повлачење биљног покривача. Хемиско распадање стена, карактеристика хумидне климе, све се више губи. Падавине су преко године неједнако распоређене, оне су ограничене првенствено на одређена доба а јављају се у облику пљускова. Оскудна вегетација не даје никакву заштиту пред таквим пљусковима, растресито тле бива брзо спрато а тиме се слабо обрасле или голе стеновите површине излажу механичком разоравању. Дробински материјал покрива долинске стране; он се низводно дроби и ретким, али јаким кишама. Тиме се препотерењује долина потока и река, а транспорт се врши само при већим поводњима.“

То, другим речима, значи да на дну речних долина треба очекивати грубљи, песковито-шљунковит материјал, на странама сипарске купе и на површима — дробинске наслаге (што није редак случај у вртачама) и скелетоидно земљиште. Тада се обично повећавају падови и преломи на уздужним профилима, а бујице су честа појава. Из свега тога следи закључак да вода може слободно да циркулише кроз груби материјал у затрпаним пукотинама и да их проширује у типске крашке облике.

О другом елементу климе, температури ваздуха не треба много дискутовати. Опште је познато да се више (али не сувише високе) температуре повољно одражавају на вегетацију, а тиме посредно и на биохемиске процесе у тлу. То, уз велику влажност ваздуха, доводи до још већег уситњавања речног или денудованог материјала и до свих оних, напред наведених, последица по крашки процес. И, сасвим разумљиво, ако су температуре ваздуха ниске, доћи ће до супротних појава у морфогенези.

Већ смо истакли да влажна клима делује на повећање количина протицајне воде у рекама, као и на њихов равномеран режим. Тиме је обезбеђена трајна ерозивна снага, која, заједно са загушеношћу пукотина финијим материјалом, такође обезбеђује нормални развитак флувијалног процеса. Снажни токови, према томе, уништавају пукотине пре него што би оне, и минималним упијањем воде, успеле да се прошире и тиме преместе површинску хидрографију у дубоку унутрашњост кречњачких маса. Тада се на долинском дну обично формирају широке алувијалне равни, које се, као например у областима тропског кегелкарста, карактеришу присуством издани постављене на глиновито-лапоровиту основу. Према тим равнима се управљају денудација и сви биохемиски процеси, које нарочито истиче *J. Роглић* (16, с. 58—61), све у циљу образовања широких површи како у кречњачким тако и вододржљивим теренима.

Када, међутим, клима постане сува и хладнија, онда токови губе своју првобитну снагу и добијају бујичарски карактер. Речна ерозија не може да уништава пукотине које се, иначе затрпане

грубљим материјалом, све више проширују и чиме се отварају врата новом процесу — крашкој ерозији. Површинска хидрографија постепено се спушта у кречњачку унутрашњост, стране се одликују стрмим одсецима са сипарима и окапинама, а у тек формираним вртачама у сувим долиницама, или на површима, често је заступљен дробински материјал, коме и *С. М. Милојевић* (14, с. 8) указује нарочиту пажњу. На уздужним речним профилима јављају се преломи са диновским лонцима, који некад прелазе и у водопаде. При већим поводњима доносе се нове количине грубог материјала, који се таложи на дну ових малих депресија. А када бујица престане, онда се у вировима врши упијање воде у новодонети материјал и издухе, одводећи је у друге речне долине.

Опште је познато да су типски крашки облици (вртаче, увале, суве долинице и понорске пећине), сем неких пећина и врела сифонског карактера, поглавито одраз десцендентне циркулације подземних вода. Како су то доминантне појаве у скрашћеним кречњачким теренима, то се од тих основа пошло кад смо реконструисали критичан моменат за почетак и еволуцију крашког процеса. Другим речима, сви ови облици постају понирањем воде у кречњачку унутрашњост, а не њеним истицањем. Баш то понирање је у великој зависности од климатских елемената, јер они могу, делујући на калибар материјала, да зауставе, успоре или омогуће крашки процес, што све зависи у каквом ће се виду манифестовати у датој етапи морфолошког развика. То значи, да се услови за развој крашког процеса могу очекивати тек када клима постане сувља и хладнија и када се речни токови, захваљујући тектонским издизањима, дубље урежу у кречњачку подлогу. Притом они уништавају више делове пукотина загушене финијим материјалом, где проналазе ниже делове истих пукотина (а ослобођене страног баласта) и тим дају свој допринос доминацији новог процеса у рељефу — доминацији крашке ерозије.

Не треба заборавити ни посредну улогу тектонских процеса на крашку еволуцију у кречњачким теренима. Јер, они се, као што је познато, манифестују двојачко: саламањем стеновитих маса и њиховим издизањем или спуштањем. Саламање стеновитих маса и образовање Заплањског раседа и других пукотина, видели смо да је обављено у току главног убирања у области Суве планине. Млађим тектонским поремећајима могле су се створити искључиво мање пукотине, поготову што се, по речима *К. В. Пешковића* (2, с. 91 и 92), њихов интензитет после еоцена знатно смањује и карактерише само издизањем планина и спуштањем котлина. То значи да те пукотине нису ништа веће од старих и да оне не могу бити од одлучујег значаја за почетак крашке ерозије, уколико за то нису сазрели други услови, поглавито климатске природе. Али, тектонски покрети, издизања, могу утицати на енергију рељефа, а тиме посредно на гранулацију материјала.

Најпре ћемо погледати како се тектонски покрети, у условима влажне и топле климе, одражавају на врсту речног и денудованог материјала. Ако се они одликују спорим издизањем, што је најчешћи случај, онда ће материјал бити финијег зрна јер ће, управо, клима својим посредним дејством условити такве особине. Међутим, при наглијем издизању рељефа може наступити поремећај у падовима, а тиме и стварање интеркалација крупнијег материјала. Услед оваквих покрета и повећаних падова, као и влажно-топлим поднебљем, изазваће се мешање материјала грубље и финије гранулације. Али, како је оваква клима истовремено узрок хемиским процесима у тлу, то ће та мешавина материјала бити цементована, а тиме мање-више непробојна за циркулацију крашких вода. Најзад, ако се тектонска издизања обављају у доба сувље климе, онда ће се, без обзира на њихов интензитет, створити поглавито грубљи материјали и све оне последице по морфолошки развитак једне кречњачке области.

Ове анализе, у конкретним условима нашега предела, нашле би логичко оправдање на примерима Манастирске падине, суве долинице на Стрању, као и долина Мурговице, Ралинске и Камб-левачке реке. Јер, раније смо видели да дуж тих објеката постоје разне пукотине (издухе) и циновски лонци који указују на упијање воде. Вода тамо искључиво понире или гравитационо истиче (Бигар и извор код ман. Св. Петке). Међутим, ако погледамо карактер врела у долини Лужнице, видимо да су њих шест асцендентна (са око 1779 лит/сек, где уопште нема издуха). То говори да овде хидролошки процеси, изгледа, одступају од основних поставки које смо разрадили на бази климатске геоморфологије. Откуда то одступање?

Да бисмо разумели узроке овога одступања, морамо се подсетити на прилике које владају у литолошком саставу корита Лужнице. Видели смо да лапоровито-пешчарска серија допире скоро до Комаричког вира, кречњаци се протежу од бучнице до села Горчинца, а узводно су плиоцени пескови и шљунак. Исто смо тако утврдили да ови седименти у Лужничком басену утичу на потенцирано смањење коефицијената отицања у сливу до врела. Изгледало би, према томе, да је у овој тектонској депресији формиран подземни акумулациони резервоар изданског типа, из кога вода под високим хидростатичким притиском истиче на ниже постављеним врелима дуж Лужнице. Та вода циркулише изолованим системима канала и притом се, по свој прилици, меша са водом из области Суве планине и слива Мурговице, што се, бесумње, одражава на још знатнију диференцијацију температура.¹ У таквој ситуацији је пешчарско-лапоровита серија задобила улогу загата којим је одређена само доња граница истицања воде, а ни-

¹ Ово надовезати на закључак о изолованим системима канала који хране врела дуж Лужнице, а који су индицирани на основу различитих температура воде (види стр 44 и 47).

како ниво асцендентне крашке ерозије уопште. Ово истицање зависи, управо, од општег степена развитка флувијалног процеса како низводно тако и узводно од кречњачког терена. Јер, од низводних делова слива поступно се распростире регресивна ерозија, а узводни, својом величином, могу дати више или мање воде којом се храни алогена река. Није такође свеједно да ли ће залеђе бити састављено од водопропустљивих или непропустљивих стена. У случају Лужнице ради се о јаком току (иако лети често пресушује), који на целој својој дужини савлађује крашки процес у правом смислу те речи. Ако би, пак, то био неки слабији ток, као што су Камбелвачка и Ралинска река, онда би и у његовом кориту било издуха. Овде, напротив, постоје само врела чија вода потиче не само из подземља Лужничког басена већ такође из других подручја. То је последица општег нагиба рељефа ка најнижем уздужном речном профилу у сливу, специфичности геолошког састава у тој тектонској депресији и степена карстификације дуж других алогених токова.

Узроке ове карстификације у сливовима Мурговице, Манастирске падине и суве долинице на Стрању већ смо објаснили механизмом климатских колебања, а сада нам остаје да видимо да ли су се геолошке погодбе у залеђу централне зоне понашале као стални елемент који је одувек био узрок појави Лужничких врела на овом месту. Јер, само данашње стање може послужити као база за објашњење појаве толиког броја асцендентних врела на релативно уском простору, а која се хране из подземног резервоара у терену плиоцених наслага.

Видели смо раније (на стр. 28 и 29) да је плиоцен у Лужничком басену представљен песковима, глинцима, конгломератима, шљунком и песковитим и лапоровитим глинама; уз то, ове последње заузимају код села Горчинца више делове коса. И пратимо ли еволуцију речне мреже уназад, онда се може претпоставити да је ток Лужнице, у простору насеља, некад лежао на вододржљивим седиментима, дакле супротно од данашњих прилика. Тада се вода свакако мало, или готово никако, упијала у плиоцене насlage што је условило одсуство подземног акумулационог резервоара изданског типа, а тиме и појаве јаким асцендентних врела. На овај начин може се објаснити и одсуство окапина сифонског карактера у кањонској клисури. А постојеће, и то тек испод нивоа од 540—560 м, последица су крашке ерозије воде која поглавито потиче изван подручја лужничког плиоцена, јер им канали падају управно на главни ток.

Ако бисмо уздужни профил Лужнице замислили у неком вишем нивоу, изнад површи од 540—560 м, и то тако да је идући узводно била урезана у лапоровито-пешчарску серију, кречњаке и вододржљиве плиоцене глинце, а у условима влажне и топле климе, онда бисмо имали заиста интересантну ситуацију. Тада би се и кречњаци, услед загушености пукотина, понашали као водо-

држљиве стене, а улога мурговичке серије као загата била би скоро сведена на нулу. Тек променом влажне климе у-суву, и усецањем речне мреже залеђа кречњачке зоне у водопрпустљиву подлогу, задобиће ова серија свој прави значај за одређивање доње границе истицања подземних вода из кречњачке масе.

Ова разматрања показују да су загат и асцендентна врела, као и утицај водопрпустљивог терена у залеђу кречњака, веома младе појаве у овој области. Ове су особине, дакле, променљиве, а у зависности од литолошког састава подлоге у коју се речна мрежа поступно усеца, и зато се не узимају као одлучујући фактори за крашки процес у ужем смислу (за онај који делује у правцу стварања крашких облика типичних за зону умерене климе), као што је случај с променама климе и речног и денудованог материјала. Другим речима, зато се могу, у односу на климу, ставити у други план, поготову, како смо видели, што се десцендентна циркулација подземних вода узима као основни вид крашке еволуције.

Ову дигресију од општег проблема, главних узрока наступања крашке еволуције, учинили смо због тога што су асцендентна врела само изузеци, локалне појаве, које не могу изменити основну концепцију о генези краса као елемента рељефа. Он се, управо, ствара и развија по тачно утврђеним законима, који су засновани на климатским променама, и то без обзира на ове изузетке.

Из свега изнетог излази да главне узроке крашког процеса у овом крају треба тражити, прво, у хемиском саставу самих кречњака и, друго, у климатским променама, које су посредно деловале на снагу флувијалне ерозије и денудације и на крупноћу материјала којим су стеновите пукотине мање или више загушване. Фисурација кречњака, и поред свог сталног присуства, не може утицати на почетак крашког процеса све док се не обезбеде повољне климатске погодбе. Она се, свакако, временом мења (повећава), али то ипак не игра одлучујућу улогу на критичан моменат повлачења нормалне ерозије, док својом конфигурацијом и распоредом и те како изазива диференцијацију крашких облика. Загат и водопрпустљиво залеђе кречњачких терена, као што смо видели, могу условити развитак накнадних видова крашке ерозије, и то у облику асцендентних врела и пећина са излазним каналима сифонског облика. То значи да их, као локалне факторе, никако не треба занемаривати, али се у погледу њиховог значаја за морфогенезу исто тако не сме претеривати.

* * *

На крају, покушаћемо да на бази нових схватања извршимо реконструкцију хидролошке и геоморфолошке еволуције у области Лужничких врела, и то од оног доба када се повукло плиоцено језеро.

Речна мрежа овога дела Лужничиног слива наследила је плиоцену језерску раван у условима медитеранске климе, а са извесним карактеристикама саванске. По томе би се могло закључити да су површи од 700—750, 620—640 и 540—560 м постале у горњем плиоцену. Ту има извесне аналогije са резултатима *J. Rogliћа* (16, с. 61) у области Унско-коранске заравни, с том разликом што су ови облици, сматрамо, постали поглавито флувиоденудационом ерозијом, потпомогнутом разним биохемиским процесима како на простору широких алувијалних равни тако и на благим долинским странама. Ово се расуђује на основу веома слабо изражених прегиба уметнутих између површи.¹ Сем тога, у току усецања ових елемената рељефа, плиоцене језерске насlage су преталожаване с виших платформи на ниже, чиме су задобиле карактер делувијума, који је временом такође претрпео знатне модификације.

Изградња ових површи обављала се у условима хемиског распадања стена, и основних и алогених, којим су створене дебеле насlage поглавито ситнијег материјала (глине, лапора и црвенице²). Овај је, загушивањем пукотина, спречавао удубљивање изразитијих вртача и сувих долиница, док су се на ивицама алувијалних равни, изнад нивоа издани, могле стварати окапине уских канала (пример *Малих* и *Големих* дупки). Пошто су се кречњаци понашали у то време као готово непропустљиве стене, то је улога мурговичке серије као загата била веома ограничена. Плиоцено залеђе у сливовима Лужнице и Камбелевачке реке, судећи по одсуству окапина са сифонским излазним каналима, још није било представљено подземним акумулационим резервоаром. Тада је оно слало велике количине ситног материјала у правцу централне зоне, чиме су се пукотине још више загушивале дуж ондашњих токова Лужнице и Камбелевачке реке. Исту функцију имале су и баремске вододржљиве стене у средњем току Ралинске реке.

¹ У влажним тропима, прегиби између широких алувијалних равни и долинских страна или могога су одсечни, јер је тамо, по *X. Леману* (25, с. 130—139), заступљен тип кегелкарста. Према томе, површи наше области формиране су у сасвим друкчијим условима, односно у једном поднебљу које чини прелаз између медитеранске и саванске климе, а то повлачи и друкчији изглед пејзажа (рељефа, хидрографије, вегетације и тла). Поготову, што и распоред мора и копна у горњем плиоцену говори да је клима овог предела била маритимна и што је вегетација била у основи природна — од човека недирнута.

² По *A. Шебушу* (26, с. 533—534), црвеница „претставља тип земљишта, у коме се нагомилава гвозђе и даје горњим слојевима црвенкасту боју. Овај процес својствен је областима, где се јако влажење смењује периодом највеће суше и врућине... Сем своје боје црвеница се одликује још и тим, што је глиновито земљиште *par excellence*. Црвеница је у том погледу супротна творевина подзолу, који са оподзољавањем добија све песковитију и песковитију конзистенцију.

Значај црвенице донекле је истакао и *J. Rogliћ* (29, с. 266) у следећем: „Испод слоја хумуса се постепено ствара и слој непропусне црвенице (слој „В“). Вегетација и гло успоравају, а коначно и спречавају понирање...“

После изградње површи од 540—560 м, што би одговарало кварталном добу, као да је настао битан преокрет како у климатским приликама тако и у морфолошкој изградњи. Долине алогених река постају стрме и уске, а на њиховим одсецима јавља се већи број окапина и сипара. Тада су алогени и аутохтони материјали у речним коритима постали грубљи, а на долинским странама и површима вршио се процес деградације реликтне црвенице и оподзољавање¹ уз знатну појаву скелетоидног земљишта шкрапара.

Нарочито су интересантне прилике суве долинице на Страну. Она данас има viseћи положај над Лужницом и три вртаче на свом дну; доњи део јој се скраћује обурвавањем одсека клисуре, чиме је и једна вртача знатно подсечена. У доба свог нормалног развитка она је свакако била координирана са нивоом локалне базе. Међутим, када је клима постала сувља, њен ток је ослабио и почео да понире у кречњачку масу, чије су пукотине ослобођене од глиновитог чепа, а што је условљавало интензивније удубљивање вртача. Стога је уздужни профил овог тока, услед иначе ослабљене ерозивне моћи, заостао у своје развитку у односу на ниво уздужног профила Лужнице, а његова долина је задобила viseћи карактер.

И за Манастирску падину, судећи по данашњем viseћем положају, може се рећи да је преживела исти ток еволуције као и ова сува долиница. Само, она још није карстификована у свом доњем току, захваљујући углавном већем сливном подручју. То је, према томе, прелазни облик између нормалне сагласне долине и суве viseће долине, односно она данас представља типичну нормалну viseћу долину. А ово је због тога, што њен слаб ток не успева да сагласи свој уздужни профил према локалној бази, али је ипак довољно јак да савлађује крашки процес који делује дуж многих пукотина у циновским лонцима. Уколико климатске прилике дозволе, то ће бити у будућности viseћа сува долина.

Најновија фаза развитка рељефа, ниже од терасе од 80 м, карактерише се већим бројем окапина и врелима, нарочито асцендентним, дуж тока Лужнице. Тада водопропустљиви плиоцени седименти условљавају подземни акумулациони резервоар изданског типа у Лужничком басену који храни врела преко изолованих канала. У то време је повећан и дотицај воде из области Суве планине и слива Мурговице. Сви ти канали и пукотине

¹ А. *Штебуш* (27, с. 18) пише следеће о раширености подзола у Источној Србији: „Отуда закључујемо, да је по педолошким процесима који сада владају, источна Србија реон оподзољавања и огањачавања, по типовима земљишта пак, реон смонице, поззола и неразвијених планинских земљишта“. А како подзол, што је малочас речено у вези са особинама црвенице, у своје развитку бива све песковитији, то је истовремено пропустљивији за воду и њену даљу циркулацију кроз кречњачке пукотине. Значи, да су тиме отворени сви путеви за интензивнији крашки процес, а вртаче се јављају као доминантни елемент у рељефу.

Уосталом је и Х. *Харасовиц* (28, с. 118) „у југословенском карсту“ констатовао појачано оподзољавање.

излазе на вододржљиву мурговичку серију, те вода, одбијајући се од ње, углавном избија из асцедентних врела.

Према целом досадашњем излагању излази да је флувиоденудациони процес одлучујући фактор крашке ерозије. Док су речни токови раније загушивали пукотине својим финијим материјалом, сада их напротив отварају, дајући им своју воду за проширивање. Тиме је истовремено одређена база крашке ерозије, и то скраћивањем узлазних сифонских кракова врела и њиховим спуштањем до речног нивоа (примери Врела III, као и оних дуж речног тока узводно од Комаричког вира). То значи да степен развика уздужног профила Лужнице, у крајњој линији, диктира висину истицања подземних вода. И ниво загата зависи у основи од тог степена развика, јер једино Врело II лежи непосредно на контакту кречњака и лапоровитих кречњака, док су остала поглавито (неколико метара) изнад нивоа вододржљиве серије.

Данашња етапа морфолошког развика означена је, сем тога, многим цинковским лонцима у речним коритима слива Мурговице, док су водопади на уздужним профилима Лужнице и Ралинске реке, изгледа, последица пукотина које су у уској вези за Запањским раседом.

ЗАКЉУЧАК

Лужничка врела, као што смо видели, налазе се у југоисточним кречњачким изданцима Суве планине, који су са обе стране ограђени кластичним, мање или више вододржљивим стенама. Њихов постанак на овом месту условљен је, пре свега, пружањем уздужног Запањског раседа који вероватно представља линију најактивнија. Али појава ових врела је, истовремено, у великој зависности и од особина стена које окружују централну кречњачку зону. Доња вододржљива брана одређује доњу границу истицања крашких вода ове области, као и сталност водених токова (Лужнице и Камбелевачке реке) у најнижим деловима кречњачког појаса. А залеће нашег краса обезбеђује довољно проницајне воде у алогеним рекама (Лужници и Камбелевачкој и Ралинској Реци) да могу савлађивати крашки процес на свом кратком путу преко карбонатне подлоге, као и извесне количине подземне воде, које се упијају у скважљив плиоцени терен Лужничког басена и које се појављују у врелима дуж главног речног тока.

Ова врела се данас хране из различитих области. Најважније место заузима подземни акумулациони резервоар изданског типа у Лужничком басену. Затим долази подгорина Суве планине и, најзад, слив Мурговице. Међутим, видели смо да Лужничка врела у ранијим геолошким периодима нити су имала данашње особине нити развијено сливно подручје. Све је, уствари, резултат сложених тектонских и геоморфолошких процеса, а нарочито последица степена развика флувијалне ерозије, и то како у простору доње вододржљиве бране тако и у залећу кречњачке зоне.

Развитак речне мреже ове области зависио је од многих фактора. Она је настала на простору плиоцене акумулативне равни која је покривала кречњачку баријеру и везивала се на западу са Лесковачким басеном. Епигенетским усецањем оголићена је карбонатна подлога на којој је изграђивана серија флувијалних површи, благодарећи премештању и деградацији језерских наслага приликом транспорта с виших на ниже делове тадашњег рељефа. Тиме је, уз одговарајуће педолошке процесе, увелико угушивана крашка ерозија, иако су за то у литолошком погледу (карбонатном саставу и фисурацији) постојали погодни услови. Тек доцније, када су ове алогене насlage денудоване, настају повољне погодбе за доминацију крашких елемената у рељефу. Тада се јавља и већи број врела у кањонској клисури Лужнице.

Оваква реконструкција механизма хидролошког развитка веома се мало разликује од реконструкција које су давали многи аутори у другим областима, изузев варијација које су биле одраз неких локалних прилика. Али, основне линије еволуције су готово истоветне: речна мрежа се најпре развија нормално, а после наступањена дезорганизација, док су се од фактора тог еволутивног пута већином узимали — хемиске особине кречњака, њихова фисурација, снага водених токова и сл. На такав начин су се створили извесни шаблони који су, изгледа, мање-више спутавали даљи развитак научне мисли.

У овом раду учињен је покушај да се отргнемо од описаних шаблона, прикључујући се принципима климатске геоморфологије, упркос опасности да тиме истовремено не западнемо у нове шеме. Зато смо све факторе — геолошке, геоморфолошке, климатске, вегетационе, педолошке и хидрографске — посматрали у кретању, и диференцијалном методом утврђивали који је од њих био доминантан у датим етапама хидролошке и морфолошке еволуције.

Мишљења смо да значајну новину у овом раду представљају постигнути резултати у погледу климатских и педолошких услова који су владали у време изградње серије флувијалних површи у овој области. Оне су образоване у горњем плиоцену, а у поднебљу које је по својим карактеристикама чинило прелаз између медитеранске и саванске климе. Тада су дебеле насlage масне црвенице на долинским странама и развођима, уз присуство одговарајуће природне вегетације, спречавале образовање вртача. Исто је било и у широким алувијалним равнинама, где су кречњачке пукотине биле загушене глиновито-лапоровитим творевинама што је обезбеђивало несметани развитак флувијалног процеса.

Овим се не мисли да је крашки процес био сасвим искључен из природе. Напротив, он је користио сваки моменат за своју акцију дуж пукотина, где су иоле постојале могућности за упијање воде. Али, како су пукотине у кречњачкој маси биле загушиване финијим материјалом, то је флувиоденудациони процес

убрзо укидао или, боље речено, спречавао образовање већих вртача и деловао у правцу стварања заравни — површи и широких алувијалних равни. То значи да је рељеф, иако је постојао крашки процес, носио печат нормалне ерозије.

Кад су, међутим, у квартару наступиле климатске промене и када је она у нашој области постала мање-више слична данашњој, завладале су повољне погодбе за крашку еволуцију. Алогени и аутохтони материјали у долинама добијају поглавито облик грубљих зрна, а на развојима се врши оподзољавање, што је пропратна појава образовања вртача, јер овакво земљиште, као што је познато, показује киселу реакцију. Како је велики део мањих токова премештен у кречњачко подземље, имамо као последицу појаву дубоких кањонских клисура избразданих точилима и сипарима.

Најновија фаза развитка рељефа означена је на дну долина: циновским лонцима, издухама и водопадима. Притом, бујице су честа појава, која је нарочито потенцирана пустошењем шумског покривача од стране човека.

Треба, на крају, нагласити да су се секуларне климатске промене вршиле како зонално тако и по висини. У овом напису узете су само промене прве врсте, и то без специјалног диференцирања климата за време ледених доба. А како су се оне одражавале у погледу микроклиме, на то ћемо се осврнути на другом месту, јер нам предео Лужничких врела у овом смислу не пружа довољно чињеничног материјала.

Све у свему, хидролошка еволуција ове области била је у великој зависности од климатских и педолошких погодаба, које су биле подложне секуларним променама. Кречњаци су притом представљали базу на којој су се обављали многоструки, међусобно супротни процеси, који су, сваки у своје време, утиснули свој печат. А њихов одраз су богата разноврсност појава која је, као што смо видели, веома поучна у непосредној околини Лужничких врела.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1) *Ј. Цвијић*: Извори, тресаве и водопади у Источној Србији. (Глас СКА, LI, I разред, 18, Београд, 1896).
- 2) *К. В. Пејковић*: Геолошки састав и тектонски склоп Суве Планине. (Посебна издања СКА, LXXVI, Природњачки и математички списи, 21, Београд, 1930).
- 3) *М. Прошић, К. В. Пејковић и С. Милојевић*: Геолошка карта Кр. Југославије Пирот 1:100.000. (Издање Геолошког института Кр. Југославије, Београд, 1931).
- 4) Катастар водних снага Југославије. Слив Јужне Мораве. IX. Посебни подаци за Власинску групу. (Издање Савезне управе хидрометеоролошке службе ФНРЈ, Београд, 1948).
- 5) *М. Прошић, К. В. Пејковић и С. П. Милојевић*: Тумач за геолошку карту листа „Пирот“ размере 1:100.000 (Повремена издања Геолошког института Кр. Југославије, Београд, 1932).

- 6) *M. Pardé*: L'abondance des cours d'eaux. (Mélanges géographiques offerts par ses élèves à Raoul Blanchard, Grenoble, 1932).
- 7) *С. М. Милојевић*: Привидно пресушивање крашких врела. (Гласник Српског географског друштва XXIII, 2, Београд, 1953).
- 8) *Ч. С. Милић*: Слив Пека. Геоморфолошка студија. (Посебна издања Географског института САН, CCLII, 9, Београд, 1956).
- 9) *П. С. Јовановић*: Загањени карст. (Зборник радова посвећен Јовану Цвијићу, Београд, 1924).
- 10) *Ч. С. Милић*: Неки примери некоординираних облика у красу. (Зборник радова Географског института САН, XL, 8, Београд, 1954).
- 11) *Ј. Свијић*: Hydrographie souterraine et évolution morphologique du Karst (Extrait du Recueil des travaux de l'Institut de géographie alpine, Grenoble, 1918).
- 12) *Б. П. Јовановић*: Рељеф слива Колубаре. (Посебна издања Географског института САН, CCLVIII, 10, Београд, 1956).
- 13) *Ј. Б. Пешировић*: Примедбе на теорију о загањеном карсту. (Гласник Географског друштва, XXXV, 1, Београд, 1955).
- 14) *С. М. Милојевић*: Неколико напомена о морфолошкој разноликости вртача у голлом кршу. (Сепарат из Гласника Географског друштва, XXIII, Београд, 1937).
- 15) *W. Soergel*: Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion (Berlin, 1921).
- 16) *Ј. Roglić*: Unsko-koranska zagavan i Plitvička Jezera. (Geografski glasnik, XIII, Zagreb, 1951).
- 17) *Н. Панџић*: Биостратиграфија терцијарне флоре Србије. (Геолошки анали Балканског Полуострва, XXIV, 1956).
- 18) *D. Jaranoff*: Das Klima des Mittelmeergebietes während des Pliozäns und des Quartärs. (Geologische Rundschau, 34, 7/8, Stuttgart, 1944).
- 19) *W. Köppen*: Grundriss der Klimakunde. (Berlin, 1931).
- 20) *Б. Ж. Милојевић*: Општа регионална географија. (Београд, 1956).
- 21) *П. С. Јовановић*: Загањени крас ипак постоји: Одговор Ј. Б. Петровићу. (Гласник Српског географског друштва, XXXI, Београд, 1955).
- 22) *П. Вујевић*: Поднебље ФНР Југославије. (Архив за пољопривредне науке, VI, 12, Београд, 1953).
- 23) *Ч. С. Милић*: Прилог проблему генезе црвенице на Сувој планини. (Рукопис), Београд, 1959.
- 24) *Ј. Б. Пешировић*: Ерозија тла на Сувој Планини. (Зборник радова Географског завода Прир.-мат. факултета, 1, Београд, 1954).
- 25) *Н. Lehmann*: Der tropische Kegelkarst auf den Grossen Antillen. (Erdkunde, VIII, 2, Bonn, 1954).
- 26) *А. Шебуш*: Наука о познавању земљишта (Педологија). Београд, 1927.
- 27) *А. Шебуш*: Педолошка испитивања у Источној Србији. (Гласник Министарства пољопривреде, Београд, 1930).
- 28) *Н. Harrassowitz*: Chemisches Einwirken der Niederschläge auf den Karst. (Erdkunde, VIII, 2, Bonn, 1954).
- 29) *Ј. Roglić*: Odnos riječne erozije i krškog procesa. (Zbornik radova V kongresa geografa FNR Jugoslavije, održanog u NR Crnoj Gori od 8—16 septembra 1958, Cetinje, 1959).
- 30) *Ј. Б. Пешировић*: Крашка врела Суве Планине и њихов значај. (Сепарат из Зборника радова Географског института Прир.-математичког факултета, V, Београд, 1958).

R é s u m é

Č. S. MILIĆ

LUŽNICKA VRELA

— Une contribution à la morphologie climatique du karst —

Sous le nom de Lužnička Vrela l'on comprend un groupe de douze sources et sources vauclusiennes, près du village de Ljuberadja, dans la Serbie de l'Est, à 18,8—19,9 km de distance de l'embouchure de la Lužnica dans la Vlasina.

Après avoir donné la description des facteurs hydrologiques (constitution géologique, relief, climat, végétation, pédosphère et hydrographie superficielle), l'auteur expose les principaux résultats ayant rapport à la genèse des sources vauclusiennes. Afin d'établir plus facilement la causalité et de déterminer l'époque où Lužnička Vrela furent formés, on a pris en considération aussi les sources vauclusiennes et les petites cavernes dans les calcaires, produites par l'action de l'eau, dans les environs immédiats. On a établi, en même temps, que leurs eaux provenaient des couches perméables pliocènes du bassin de Lužnica, des versants sud-orientaux de la montagne de Suva Planina et de la région fluviale de la Murgovica. On a mis en saillie tout particulièrement l'influence exercée par les oscillations climatiques séculaires sur l'origine et l'évolution des éléments karstiques dans le relief. Une nouveauté dans le présent travail est l'observation que le développement normal du processus fluvial, accompagné de la formation des pénélaines, a été assuré (au cours du haut pliocène) dans les conditions du climat méditerranéen qui inclinait au type de savanes. Les puissantes couches de terre rouge et les quantités uniformes des eaux de débit dans les ruisseaux et les rivières ont empêché la prédominance du karst dans la zone calcaire. Cependant, lorsque, dans le pléistocène et l'holocène, se produisirent les variations climatiques vers un type continental-modéré, la terre rouge fut dégradée et transformée en podsol (par endroits apparurent aussi les sols squelettisés) et les cours d'eaux prirent le caractère des torrents. Par là furent réalisées, après la formation de la pénéplaine de 540—560 m, les conditions favorables au commencement et à la prédominance des processus karstiques, dont les répercussions directes sont les dolines et les vallées sèches.