

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE RIJEKE KRKE  
HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RIVER  
KRKA

SEMINARSKI RAD

Petra Jezidžić

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu

Undergraduate study of environmental science

Mentor: izv. prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović

Zagreb, 2015.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	2
2. KLIMATSKA OBILJEŽJA TERENA .....	3
3. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA .....	4
3.1. PERM, P .....	4
3.2. TRIJAS, T .....	4
3.3. JURA, J .....	5
3.4. KREDA, K .....	5
3.5. PALEOGEN, Pg .....	6
3.6. NEOGEN, Ng .....	6
3.7. KVARTAR, Q .....	6
4. TEKTONSKE ZNAČAJKE TERENA .....	9
5. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE STIJENA ŠIREG PODRUČJA RIJEKE KRKE .....	11
5.1. PROPUSNE STIJENE .....	13
5.2. DJELOMIČNO NEPROPUSNE STIJENE .....	14
5.3. DJELOMIČNO PROPUSNE STIJENE .....	14
5.4. NEPROPUSNE STIJENE .....	15
5.5. STIJENE NAIZMJENIČNIH SVOJSTAVA .....	15
6. FLORA I FAUNA NACIONALNOG PARKA "KRKA" .....	16
7. LITERATURA .....	17
8. SAŽETAK .....	18
9. SUMMARY .....	18

## 1. UVOD

Rijeka Krka sa svojim pritocima čini sustav kompozitnih dolina u kršu što je posljedica litoloških i tektonskih odnosa područja u kojem se nalazi. Smještena je u Dalmaciji, na području Šibensko-kninske županije, između ravnokotarskog prostora, zaravni rijeke Čikole i Dalmatinske zagore te se u morfološkom smislu u poriječju Krke mogu izdvojiti tri cjeline: planinsko područje na sjeveroistočnom dijelu, dolinska proširenja (Plavno, Kninsko, Kosovo i Petrovo polje) u središnjem dijelu i Sjevernodalmatinska zaravan. Dolina Krke poligenetskog je postanka te pripada rijekama jadranskog sliva. Okružena je planinskim masivima Velebita, Dinare, Svilaje i Mosora. Kanjonske dijelove toka karakterizira pojava brojnih padinskih procesa i reljefnih oblika. Na padinama strmijim od  $32^\circ$  izraženo je osipanje i urušavanje. U aluvijalnim nanosima dolinskih proširenja nađeni su fragmenti kršja okolnih stijena (Perica i sur. 2005).

Izvor rijeke Krke nalazi se u dolini Krčić, u podnožju planine Dinare, oko 500 m od Kninskog polja te 3,5 km sjeveroistočno od Knina (Buljan i Pavičić 2010). Ukupna duljina toka iznosi 72,5 km, od čega slatkovodni dio čini 49 km, a bočati 23,5 km. U slatkovodnom dijelu toka u rijeku se ulijeva pet pritoka: Krčić (10,5 km), Kosovčica (12,5 km), Orašnica (5,3 km), Butišnica (39 km) te Čikola s Vrbom (37,8 km), a u potopljenom dijelu ušća rijeka Guduča (7 km) (Izvor 1). Na području Sjevernodalmatinske zaravni prema geološkom sastavu prevladavaju karbonatne naslage, a u tom dijelu rijeka ima viseći tok. Naime, na najvećem dijelu, od Kninskog polja do Roškog slapa, Krka teče i do 100 metara iznad lica vode temeljnice, a da pri tome ne gubi vodu iz svog korita (Perica i sur. 2005).

Na današnji izgled kanjona rijeke Krke uvelike su utjecali biogeni procesi okršavanja u karbonatnim naslagama. Organizmi imaju stvaralačku i razaralačku ulogu, što se u krškim područjima očituje kroz stvaranje sedrenih barijera. Na rijeci Krki nalazi se sedam sedrenih slapišta. Prvi među njima je Bilušića buk, visok 22,4 m, a nalazi se 16 km nizvodno od izvorišta. On je jedini slap koji se ne iskorištava za hidroenergiju. Drugi slap je Brljan ili Ćorića buk, visok 15,5 m, koji se nalazi 19 km nizvodno od izvora. Voda ovog slapa iskorištava se u hidroelektrani Miljacka. Manojlovac je najviši i najljepši slap na Krki, smješten pola kilometra nizvodno od Brljana. Sastoji se od niza sedrenih barijera ukupne visine 59,6 m. Ostali slapovi su Rošnjak (8,4 m), Miljacka (23,8 m), Roški slap (25,5 m) te Skradinski buk (45,7 m). Na rijeci se nalaze i dva jezera, Visovačko i Prokljansko jezero (Izvor 2).

## 2. KLIMATSKA OBILJEŽJA TERENA

Klima je sredozemna s velikim utjecajem mora koji dolinom rijeke Krke dopire duboko u kopno. Udaljavanjem od ušća utjecaj mora postepeno slabi. Srednja godišnja temperatura zraka na području doline varira od 10° C do 15° C. Prosječna siječanjska temperatura viša je od 0° C najvećim dijelom doline u rasponu od 4° C do 6° C, a srednja srpanjska od 22° C do 25° C. Godišnje se može očekivati nešto više od 100 vedrih i oko 90 oblačnih dana s veoma nepravilnom raspodjelom oborina. Tijekom srpnja područje oko ušća prima oko 40 mm oborina, dok vršni dijelovi planina primaju oko 80 mm. U zimskim mjesecima srednja količina oborina duž cijelog poriječja prelazi 100 mm, a vršni dijelovi planina primaju iznad 250 mm. U području Dinare i u Bosanskom Grahovu količina oborina raste s nadmorskom visinom. Snijeg se na planini zadrži tijekom cijele zime i naglo se otapa pojavom toplijih vjetrova u proljeće. Uslijed neravnomjerne godišnje raspodjele padalina i razlike u temperaturama tijekom ljetnih mjeseci protok vode je nepovoljan, a isparavanje povećano. Suprotno tome, veća količina oborina i niže temperature veoma povećavaju protok tijekom hladnijeg dijela godine što često dovodi do plavljenja Kninskog polja, ali i dolinske ravni nizvodnog dijela doline Krke (Perica i sur. 2005).

Uz dolinu rijeke prevladavaju hladni vjetrovi: sjeveroistočnjak – bura i jugoistočnjak – jugo. Bura je izrazita na cijelom području, najjači je vjetar hladnog dijela godine, te može puhati neprekidno nekoliko dana donoseći sunčano, ali hladno vrijeme. Jugo je prisutan samo u donjem toku rijeke. Ljeti se razvija blagi vjetar maestral, iz zapadnog ili jugozapadnog smjera, karakterističan za vedre dane (Izvor 1).

### 3. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

Područje sliva rijeke Krke izgrađeno je iz sedimentnih naslaga perma, trijasa, jure, krede, paleogena, neogena i kvartara (Renić 1989).

#### 3.1. Perm, P

Najstarije naslage u poriječju Krke su starije paleozojske tj. **permske** starosti (Sl. 1.). Nalazimo ih kao manje pojave na nekoliko lokaliteta u Petrovom, Kosovom i Kninskom polju. Zastupljene su evaporitima, naslagama gipsa i anhidrita koji leže uz izdanke bazičnih efuzivnih magmatskih stijena, te klastitima: pješčenjaci, siltiti, peliti i šupljikave breče. Te su stijene u kontaktu s krednim sedimentima i Promina naslagama, dok su na Kosovu polju u kontaktu s sedimentima donjeg trijasa (Perica i sur. 2005).

#### 3.2. Trijas, T

**Donji trijas** otkriven je uz istočni rub Kninskog polja, uz Butišnicu i Krčić (Sl. 1.). Izgrađuju ga klastiti: pješčenjaci poznati pod nazivom sajske i kampilske naslage. Sajske naslage zastupljene su crvenoljubičastim i sivosmeđim tinjčastim i siltitnim pješčenjacima u sklopu kojih se nalaze proslojci laporovitih vapnenaca i manjim dijelom dolomita. Kampilske naslage grade glinoviti do pjeskoviti vapnenci s proslojcima lapora. Debljina donjeg trijasa u potpunom je razvoju oko 800 m.

**Srednji trijas** izgrađuju transgresivne anizičke naslage vapnenca i dolomita na uskom području između Bosanskog Grahova i Strmice (Sl. 1.). Sivozeleni klastiti iste starosti nalaze se i u desnom boku doline donjeg toka Krčića. Ladiničke naslage zastupljene su klastitima sastavljenim od lapora, vulkanogenih sedimenata, pješčenjaka, breča, konglomerata, uljevitih glina te rjeđe vapnenaca i dolomita.

**Gornji trijas** nalazi se na većem dijelu terena oko toka Krčića, te u višem, gornjem dijelu poriječja Butišnice (Sl. 1.). To su dobro uslojeni dolomiti, debljine do 300 m, svjetlosive i ružičaste boje s izmjenom tamnijih i svjetlijih lamina. Lokalno su unutar dolomita u području izvora Krke dolomitični vapnenci smeđesive boje (Renić 1989).

### 3.3. Jura, J

Unutar **donjojurskih** (lijas) naslaga razlikuju se tri litostratigrafska nivoa. U najnižem dijelu su vapnenci i dolomiti, u srednjem lithiotis vapnenci, a u gornjem mrljasti, pločasti vapnenci s znatnom količinom glinovite komponente. Naslage donje jure dosežu debljinu 400–500 m, a zastupljene su u širem području Krčića, Glavice Vršine, južno od Strmice, te južno od Bosanskog Grahova (Sl. 1.).

Naslage **srednje jure** (doger) zastupljene su sivim vapnencima i vapnenačkim brečama, te dolomitima (Sl. 1.). Unutar debelih zona vapnenaca, mjestimično i do 1 m, a ukupne debljine do 300 m, nalaze se tanji proslojci sivih i smeđih zrnatih dolomita. Vapnenci su uglavnom debelo uslojeni do gromadasti, te često okršeni s razvijenim pukotinama i škrapama. Najviši dio srednje jure u dolomitnom razvoju odvojen je od gornje jure na temelju fosila iz uložaka vapnenaca unutar dolomita.

U periodu **gornje jure** (malm) razlikuju se dva litostratigrafska člana. Stariji ili donji dio gornje jure taložen je kontinuirano na srednjojurske naslage, a sastoji se od jednoličnih sivih i tamnosivih, dijelom bituminoznih uslojenih vapnenaca sa zonama dolomita (Perica i sur. 2005). Gornjojurske naslage zauzimaju manje područje južno od izvora Krčić, te veće područje zapadne padine Dinare (Sl. 1.). Gornji ili mlađi dio gornje jure litološki je raznolik. Dolomitne naslage koje se troše u dolomitni pijesak i prah nalaze se u području istočno od Pleševice i Vršine, južno i jugoistočno od Suhog polja, te na desnoj obali izvorišnog dijela Krčića. Tereni jugozapadno i zapadno od Pleševice, u nižem dijelu Podinarja, te istočno od Suhog polja građeni su od gromadastih svjetlosivih i bijelih vapnenaca. Zastupljeni su i dolomiti s neznatnim dijelom vapnenačkih breča i vapnenaca na terenu sjeverozapadno od Vršine, te facijes pločastih vapnenaca s rožnjacima koji se nalaze zapadno od Suhog polja i na zapadnim padinama Pleševice. Navedeni litološki članovi izmjenjuju se vertikalno i lateralno, a gornjojurske naslage uglavnom završavaju debelo uslojenim vapnencima (Renić 1989).

### 3.4. Kreda, K

Kredne naslage izgrađuju najveći dio središnjeg i istočnog dijela poriječja. **Donja kreda** zastupljena je smeđesivim slojevitim vapnencima s proslojcima dolomita. Uz granicu s gornjom jurom česte su pojave boksita. Naslage donje krede izgrađuju terene na jugozapadnim i zapadnim padinama Dinare, te između Suhog polja i izvora Cetine (Sl. 1.).

Naslage **gornjokredne** starosti izgrađuju znatan dio Dinare u području Uništa, te šire područje južno i istočno od Pašića polja (Sl. 1.). Nalaze se i u uskoj zoni uz jugoistočni rub Kninskog polja, te u području izvora Cetina. Karakteriziraju ih svjetlosivi, dobro uslojeni vapnenci s ulošcima dolomita (cenoman–turon) te gromadasti i uslojeni vapnenci i vapnenački dolomiti (senon). Ukupna debljina krednih naslaga je 2 100 do 2 200 m (Perica i sur. 2005).

### 3.5. Paleogen, Pg

Najveći dio Sjevernodalmatinske zaravni izgrađuju naslage paleogena i neogena (Sl. 1.). **Paleogenske** naslage uglavnom čine jezgre sinklinala. Uz dolinska proširenja, u gornjem dijelu poriječja leže transgresivno na vapnencima gornje krede. Starijem dijelu naslaga pripadaju foraminiferski vapnenci i eocenski fliš na kojima su transgresivne mlađe Promina naslage. U sklopu Promina naslaga najzastupljeniji su vapnenački konglomerati, a uz njih se još javljaju laporoviti vapnenci i lapori.

### 3.6. Neogen, Ng

**Neogenski** sivozelenkasti lapori s proslojcima gline i ugljena nalaze se uz istočni rub Kninskog polja (Sl. 1.).

### 3.7. Kvartar, Q

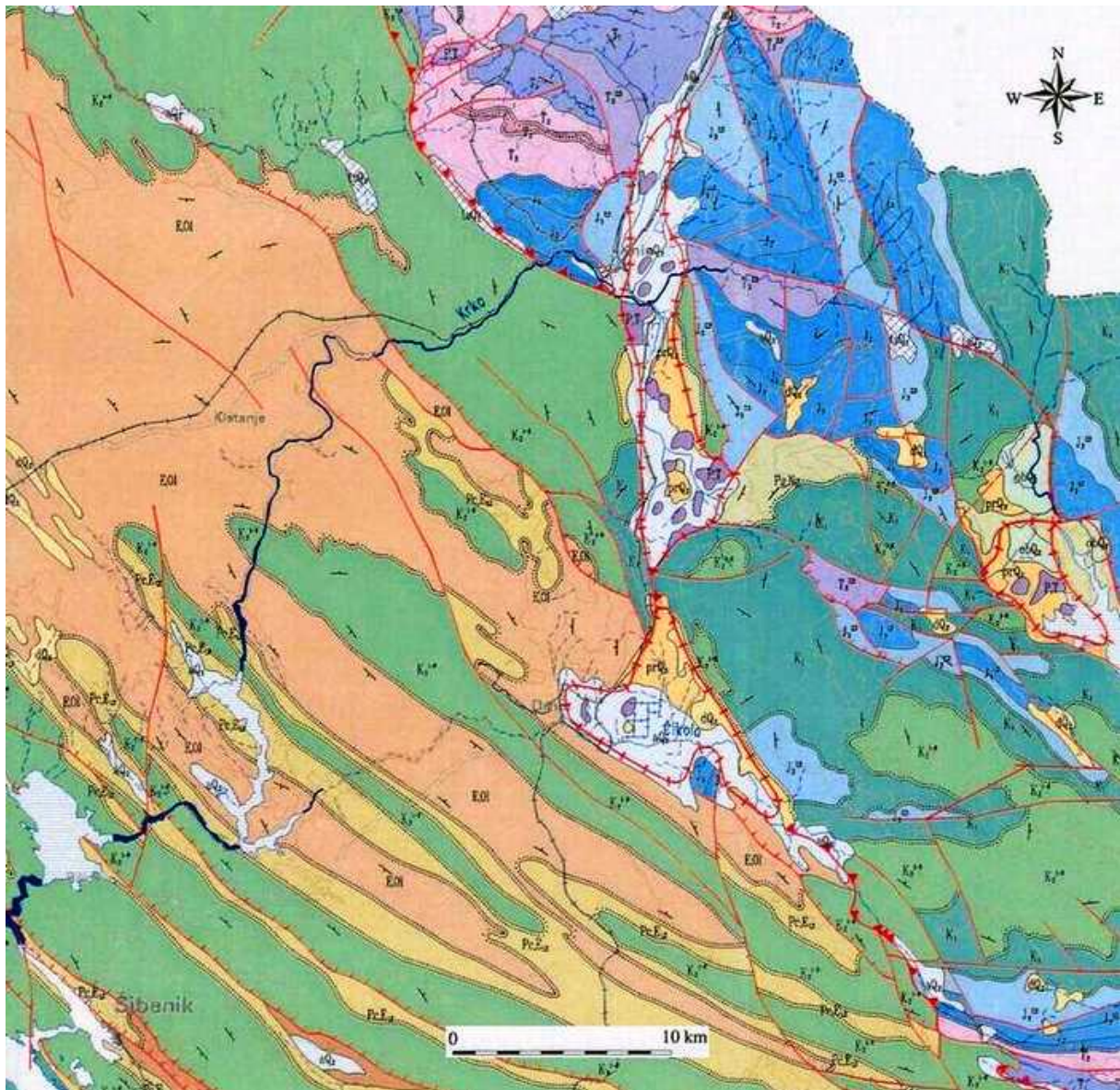
**Pleistocenske** naslage istaložene su u Kninskom polju i na padinama uz njegov istočni rub (Sl. 1.). Najniži dio čini jezerska kreda, prema fosilnim ostacima istaložena tijekom mindelskog glacijala. Za vrijeme toplije klime na jezersku kredu istaložio se sloj smeđe gline. U glacijalu riss klastiti postaju krupniji postepeno prelazeći u šljunke i slabo vezane fluvioglacialne konglomerate, koji izgrađuju znatni dio Kninskog polja. Vidljiva debljina konglomerata iznosi preko 30 m.

**Holocenske** su naslage zastupljene u dolinskim proširenjima i koritima. Izdvajaju se tri genetska tipa: deluvij, aluvij i proluvij. Deluvij je istaložen uz istočni rub Kninskog polja i na

Pašića polju (Sl. 1.). Sastoji se od fragmenata i blokova stijena unutar pjeskovito prašinastog materijala i gline. Aluvijalni nanos istaložen je uz dolinu rijeke Krke i Krčića, a čine ga naslage šljunka, pijeska, praha i gline. Proluvij se sastoji od naslaga šljunka s promjenjivom količinom pijeska i praha taloženih u obliku nepravilnih stožaca u depresijama. Nalaze se na Suhom polju te u podnožju Dinare.

Među kvartarnim naslagama ističe se sedra, koja je važna za razumijevanje nastanka i današnjeg izgleda rijeke Krke. Sedra nastaje iz vode zasićene kalcijevim hidrogenkarbonatom. Izlaskom ugljičnog dioksida iz vode dolazi do precipitacije kalcijevog karbonata po vodnom bilju i koritu rijeke. Istaložena je uzduž srednjeg i donjeg toka Krčića, u Topolju, na istočnom rubu Kninskog polja, te u Kninskom i Golubičkom polju (Sl. 1.). Zastupljena je u dva varijeteta: čvrsta, kamena sedra šupljikave strukture taložena u barijerama, te prašinasto – pelagička sedra taložena u ujezerenjima nizvodno od barijere, tj. na dnu jezera. Ostaci sedrenih barijera nalaze se na različitim relativnim visinama u odnosu na današnje korito, što je važno za objašnjenje brzine usijecanja rijeke Krke. Postanak izvora Krke vezan je uz najdublje usijecanje doline Krčića u karbonatne naslage kada su se promijenili odnosi lokalnih erozijskih baza te je nastala nova erozijska baza za okolne krške vode. Ostaci sedre koji se danas nalaze na istočnim padinama uz rub Kninskog polja, u dolini Krčića i rijeke Krke pleistocenske su starosti, dok sedra današnjih barijera pripada holocenu (Renić 1989). Radiokarbonatnom analizom  $C^{14}$  sedrenih sedimenata na uzorku iz rubnog dijela Kninskog polja koji položajem nadvisuje današnji slap utvrđena je starost od 30 000 godina (Buljan i Pavičić 2010).





**TUMAČ OZNAKA:**

	aQ <sub>2</sub> - riječni nanos		K <sub>2</sub> - vapnenci i dolomiti		K <sub>1</sub>	Stratigrafski simbol
	dQ <sub>2</sub> - deluvijane naslage		K <sub>1</sub> - vapnenci i dolomiti			Normalna litostratigrafska granica
	prQ <sub>2</sub> - proluvijane naslage		J <sub>2,3</sub> <sup>2,3</sup> - vapnenci i dolomiti			Erozijsko-diskordantna granica
	obQ <sub>2</sub> - organogeno-barski sed.		J <sub>2,1,2</sub> - vapnenci i dolomiti			Rasjed
	JQ <sub>2</sub> - jezerska kreda		J <sub>2</sub> - vapnenci			Spušteni blok
	tsQ <sub>2</sub> - terra rossa		J <sub>1</sub> - vapnenci i pločasti vapnenci			Reversni rasjed
	flQ <sub>2</sub> - fluvioglacijalni sedimenti		T <sub>2,3</sub> <sup>2,3</sup> - dolomiti			Navlaka I reda
	PlQ <sub>2</sub> - lapori		T <sub>2</sub> - vulkanogeni sedimenti			Navlaka II reda
	Pg,Ng - vapnenačke berče - jelar		T <sub>2</sub> - vapnenci			Tektonsko okno
	EOI <sub>1</sub> - konglomerati i lapori u izmjeni - promina		T <sub>1</sub> - klastiti			Tektonski prodor - dijapirski kontakt
	E <sub>2,3</sub> - flišne naslage		PT - klasiti, evaporiti			Položaj sloja (kos, uspravan, prebačen, vodoravan)
	E <sub>2,1</sub> - foraminiferski vapnenci		C,P - klastiti (šejlovi)			

**Slika 1.** Geološka karta šireg porječja Krke (preuzeto iz Kapelj 2002).

## 4. TEKTONSKE ZNAČAJKE TERENA

Složena struktura građe terena rezultat je boranja i poremećaja duž navlačnih ploha, regionalnih, reversnih i drugih rasjeda (Ritz i sur. 2014). Izrazitim dislokacijama pružanja sjever-sjeverozapad, jug-jugoistok teren je podijeljen na nekoliko tektonskih jedinica unutar kojih su izdvojeni tektonski blokovi omeđeni rasjedima i rasjednim zonama. U području planine Dinare, Plješevice, Ilice, kao i na širem području Dinarida, tijekom neogena i starijeg kvartara reljef se sastojao od niskih denudacijskih oblika s nizom lokalnih depresija u kojima su se taložile laporovite naslage. Nakon toga slijede značajne tektonske deformacije uzrokovane pirinejskom orogenetskom fazom na prijelazu iz oligocena u miocen. Tada je dugotrajnim intenzivnim djelovanjem regionalnog stresa u pravcu SI-JZ izazvana kontrakcija prostora već ranije diferencirane mezozojske karbonatne platforme, uslijed čega je nastalo boranje naslaga te niz subdukcijskih ploha regionalno značenja. Regionalna podvlačenja izazvala su dodatno izdizanje prostora današnjih Dinarida i glavno strukturalno oblikovanje reljefa s dinarskim pravcem pružanja SZ-JI. Krajem miocena mijenja se orijentacija pravca globalnog stresa u približno S-J što traje i danas. Neotektonski pravac stresa uvjetovao je destrukciju dinarskih struktura, što za posljedicu ima relativna izdizanja i spuštanja tektonskih blokova, fleksurna svijanja, subhorizontalne smične pomake, rotacije tektonskih blokova i druge deformacije, što je dovelo do različitog stupnja dezintegracije osnovnih dinarskih struktura (Buljan i Pavičić 2010).

Rasjedna zona Knin – Muć – Sinj razgraničava regionalne strukturalne jedinice Dinarika i Adriatika. Granicu ta dva područja najvećim dijelom predstavljaju rubovi Kninskog, Kosovog i Petrovog polja. Dolina Krke nalazi se u sklopu strukturalne regionalne jedinice Adriatika. Unutar Adriatika rasjedna zona Novigrad – Drniš odvaja strukturalne jedinice Bukovica – Promina – Moseć od strukturalne jedinice Ravni kotari – Šibenska zagora. Granica ovih rasjeda, reljefno je dobro uočljiva u dolinskom proširenju Carigradske luke (Sl. 2.). Na širem području Promine prevladavaju horizontalni rasjedi s 46,24%, dok su dijagonalni rasjedi zastupljeni s 28,25%, a vertikalni s 25,51%. Glavno područje rasjeda s prevladavajućom horizontalnom komponentom pomaka krila karakterizira istočni dio strukturalne jedinice Bukovica – Promina – Moseć, odnosno Sjevernodalmatinsku zaravan. U donjem dijelu poriječja dobro su izražene borane strukturalne forme dinarskog pravca pružanja, a uz njih prisutan je utjecaj normalnih i reversnih rasjeda. To se posebno ističe na području između Prokljanskog jezera i Šibenika. Današnji kompozitni izgled doline rijeke Krke posljedica je međuovisnosti tektonskih odnosa

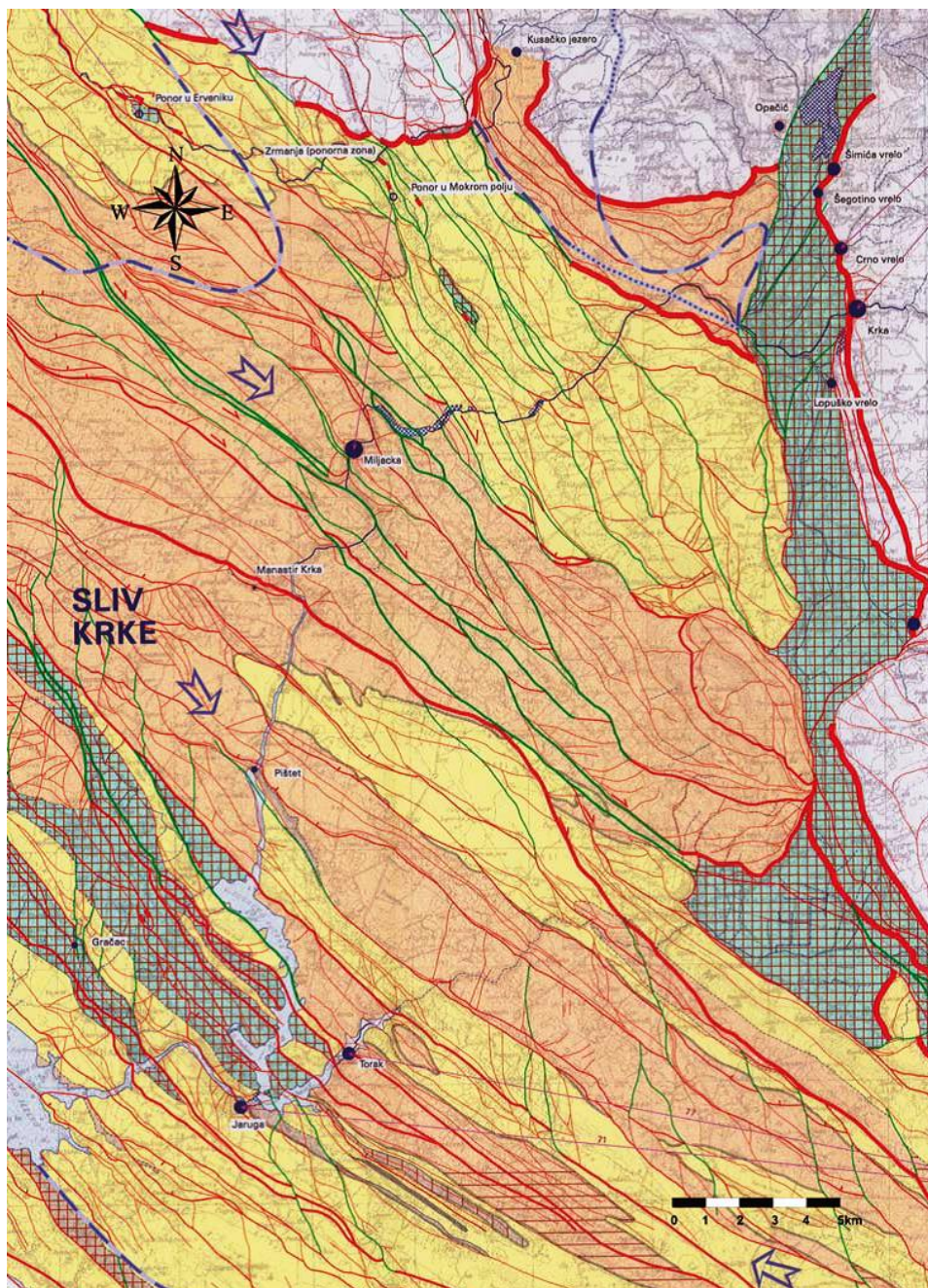
i hidrogeoloških karakteristika stijena. Važnu ulogu u oblikovanju najvećih dolinskih proširenja uz tektoniku ima pojava vodonepropusnih i djelomično vodopropusnih stijena na površini polja koje imaju funkciju potpunih hidrogeoloških barijera. Nizvodno su brojni rasjedi utjecali na laktasta skretanja rijeke, ali i na oblikovanje manjih dolinskih proširenja (Perica i sur. 2005).

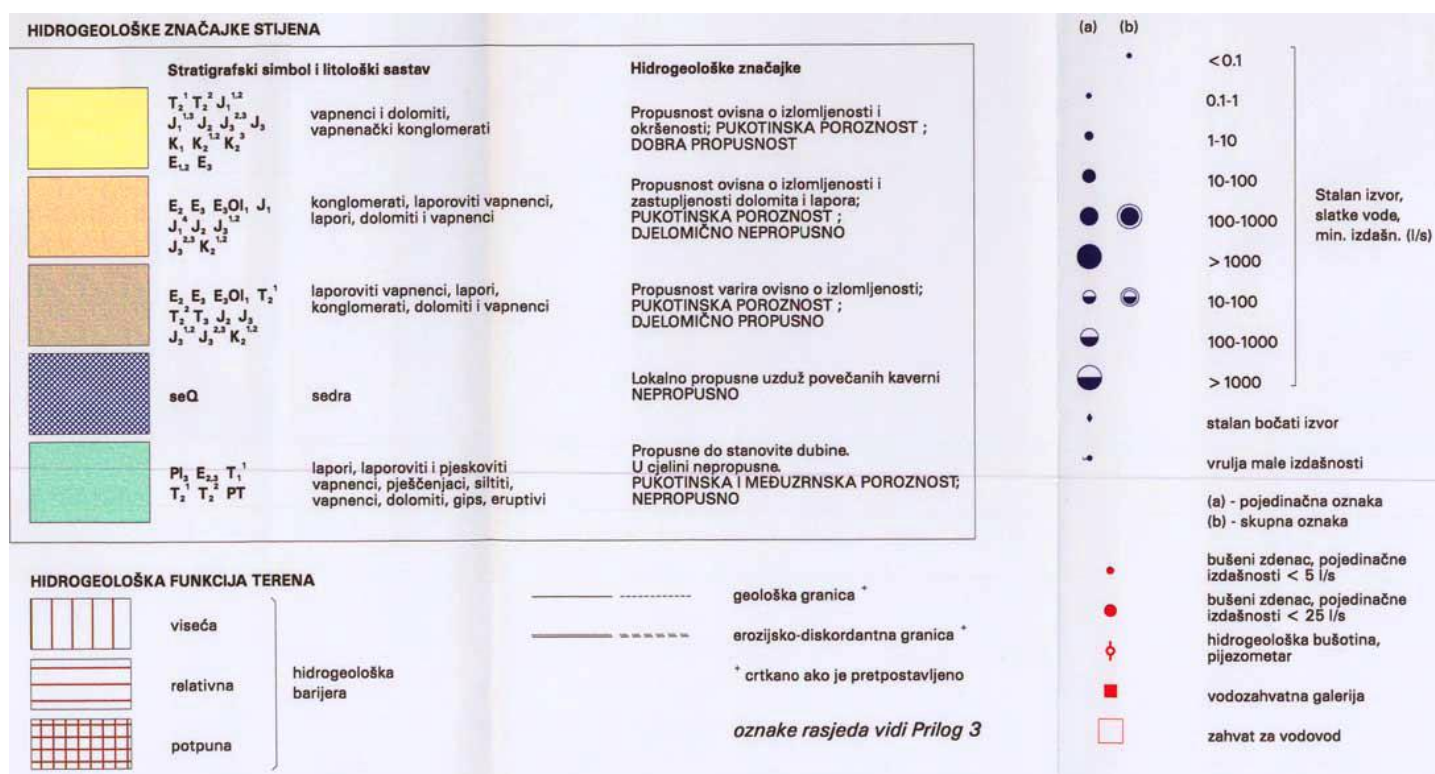


**Slika 2.** Dolinsko proširenje, Carigradska luka (preuzeto iz Perica i sur. 2005).

## 5. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE STIJENA ŠIREG PODRUČJA RIJEKE KRKE

Sliv Krke najvećim dijelom izgrađen je iz karbonatnih stijena, tektonski znatno oštećenih, u kojima se ovisno o vodonepropusnosti razvila površinska i podzemna hidrografija (Sl. 3.). Osnovne karakteristike krških područja su nepoklapanje površinskih, morfoloških i podzemnih razvodnica, često poniranje površinskih vodotoka te podzemno pritjecanje vode neovisno o reljefu.





**Slika 3.** Hidrogeološka karta dijela poriječja rijeke Krke (preuzeto iz Kapelj, 2002).

Izvor Krke nalazi se u desnom boku doline Krčića, hipsometrijski je neznatno viši od dna najdubljeg dijela korita Krčića, a 10-ak je metara viši od istočnog rubnog dijela Kninskog polja. Nastao je u rasjednoj zoni pružanja poprečnog na dolinu Krčić kojom je pomaknuta i lokalna hidrogeološka barijera – dolomitna antiklinala Krčić. Iz područja sjeverno od antiklinale, u kojoj je usječena dolina Krčić, voda teče duž izrazitih poprečnih i dijagonalnih rasjeda u smjeru doline koja postaje lokalna zona dreniranja za dio vode istočno od Kninskog polja. Uzduž korita Krčića zapaženo je gubljenje vode u šljunkovitom i sedrenom dnu korita, te su mjerenjem nivoa podzemne vode u bušotinama u donjem dijelu doline utvrđene dvije razine. Viši nivo odgovara nivou Krčića, a nalazi se na muljevitim sedrenim naslagama, dok je niži nivo u primarnoj stijeni te približno odgovara nivou vode izvora Krke. U vrijeme ljetnih mjeseci, kada Krčić presuši, postoji tečenje ispod sedrenog i aluvijalnog nanosa, tj. u nižem nivou (Ritz i sur. 2014).

Gornji dio poriječja Krke karakteriziraju brojne tekućice, što je ponajprije uvjetovano hidrogeološkim značajkama stijena (Sl. 3.). Vodotok se nalazi na kontaktu vodonepropusnih i djelomično vodonepropusnih karbonatnih naslaga koje se nalaze u krovini vodonepropusnih klastita trijaskke starosti. Kontakt ovih naslaga najizraženiji je na rubovima dolinskih

proširenja gdje se javljaju i najznačajniji izvori. Dio vode pritječe podzemljem iz Dinarskog zaleđa (Grohovo polje) te iz gornjeg poriječja rijeke Zrmanje. Površina topografskog poriječja iznosi oko 2 450 km<sup>2</sup>, dok je slijevno, hidrogeološke poriječje oko 2 650 km<sup>2</sup>. Potpunu hidrogeološku barijeru čine stijene paleozojske, donjotrijaske i neogenske starosti u Kninskom, Kosovom i Petrovom polju, te u izvorišnim područjima rijeke Krke i pritoka. Nalaze se i u tri odvojene zone na ujezerenom dijelu uzvodno od Skradinskog buka. Područje nizvodno od Knina najvećim dijelom izgrađuju vodopropusne (vapnenci) i djelomično vodonepropusne stijene (dolomiti, laporoviti i pločasti vapnenci i vapnenački lapori).

Nizvodno od utoka Butišnice Krka je alogeni tok u karbonatima, propusnim i djelomično nepropusnim stijenama. U dijelu toka nizvodno od suženja kod Tanjine glave do Miljacka vrela, Krka protječe kroz vodopropusne vapnence. Riječno korito u ovom području i na dijelu toka od manastira do Roškog slapa predstavlja viseći tok jer se voda temeljnica nalazi na dubini od 50 do 100 m ispod razine korita. Osnovni razlog što rijeka ne gubi vodu je izrazito jak proces zapunjavanja pukotina glinovitim materijalom, što sprječava daljnje procjeđivanje i otjecanje (Perica i sur. 2005).

Stijene su s obzirom na hidrološke značajke pojedinih litoloških članova podijeljene u pet skupina: propusne, djelomično nepropusne, djelomično propusne, nepropusne i stijene naizmjeničnih svojstava.

## **5.1. Propusne stijene**

U propusne stijene uvršteni su debelouslojeni vapnenci donjeg i srednjeg dijela donje jure koji rijetko sadrže leće dolomita. Ovi vapnenci podložni su okršavanju, te na njihovoj površini često nastaju duboke pukotine i škrape što omogućuje brzo procjeđivanje oborinske vode u podzemlje. Vapnenci gornjeg dijela srednje donje jure su tanje uslojeni do pločasti te po hidrogeološkim karakteristikama odgovaraju naslagama gornje jure. Razdoblje srednje jure karakteriziraju izrazito debelouslojene do gromadaste naslage vapnenaca u kojima su razvijeni svi krški oblici. Gromadasti vapnenci i vapnenci s rijetkim ulošcima i proslojcima dolomita gornje jure izrazito su okršene stijene. Zastupljeni su na području zapadno i jugozapadno od Pleševice, te u Golubičkom Suhom polju. U ovu grupu stijena spadaju i vapnenci donje i gornje krede, vapnenački konglomerati paleogena te kvartarni brečokonglomerati taloženi na čvrstoj karbonatnoj podlozi.

Navedeni vapnenci su sekundarno propusne stijene. Oborinske vode u njima jednostavno poniru u podzemlje uzduž brojnih razlomljenih zona. Kroz zone se vrši dreniranje podzemnih voda iz okolnog područja prema krškim izvorima putem povezanih kavernoznih sustava. Ponikve u vapnencima su rijetke, ali su češće prisutne korodirane pukotine, jame i špilje.

## **5.2. Djelomično nepropusne stijene**

Ovoj skupini stijena pripadaju mrljasti vapnenci gornjeg dijela donje jure, dolomiti i vapnenci te pločasti vapnenci s rožnjacima gornje jure. Zona laporovitih vapnenaca gornjeg dijela donje jure može se pratiti uzduž sjevernog krila antiklinake Krčić do Kninskog polja na zapadu, pa sve do Osredka na istoku. Na mjestima gdje su ove naslage neporemećene voda se preko njih usmjerava u dobropropusne okršene vapnenice srednje jure.

Pločasti vapnenci gornje jure nisu podložni jakom okršavanju te imaju slabije propusne pukotine. U području Pleševice unutar ovih naslaga usječeni su duboki jarci kojima povremeno teku oborinske vode. Na kontaktu pločastih vapnenaca s debeloslojenim i okršenim vapnencima voda se gubi u podzemlje. Zbog ograničenog i nekontinuiranog protezanja pločasti vapnenci samo lokalno zadržavaju i skreću podzemne vode.

Djelomično nepropusne stijene su i dolomiti donjeg i gornjeg dijela gornje jure koji sadrže uloške vapnenca, te vapnenačko – dolomitnih breča i šupljikavih dolomita. Vodopropusnost ovih naslaga opada s porastom dubine. Mjestimično se za vrijeme obilnih oborina istočno od Pleševice formiraju povremeni tokovi. Zbog specifičnog trošenja kristalastog dolomita ove naslage su slabo okršene.

## **5.3. Djelomično propusne stijene**

Skupini djelomično propusnih stijena pripadaju dolomiti gornjeg trijasa i gornje jure. Na pojedinim mjestima gdje su im naslage dovoljno debele smatra ih se gotovo vodonepropusnim. Na površini su izražena jaružanja nastala uslijed intenzivnog spiranja. Za vrijeme kiše formiraju se tokovi u depresijama. Propusnost im je vezana na pripovršinske dijelove stijena, a dublje samo uz jače lomove i rasjedne zone.

#### **5.4. Nepropusne stijene**

Nepropusne stijene su perm–trijaski gips, siltiti i pješčenjaci donjeg trijasa, lapori neogena, jezerska kreda pleistocena te sedra. Ove naslage izgrađuju u Kninskom i Golubičkom polju podlogu aluvijalnim sedimentima te uvjetuju razvoj vrlo guste riječne mreže, a mjestimično se nalaze i na površini u obliku glavica.

Siltiti i pješčenjaci propusni su samo u površinskom dijelu, te se na njima često javljaju manji cjedni izvori. Pojava i raspored izdašnjih izvora uvjetovana je naslagama neogenskih lapora koji se nalaze u području Crnog vrela i Paškog (Cetinskog) polja. Sedra, istaložena u dolini Krčića, primarno je nepropusna pa se stvaraju ujezerenja na vodotocima. S vremenom se u njoj mogu povezati primarne šupljine što dovodi do pojave ponora. U prašinstoj sedri doline Krčića formiran je zaseban nivo podzemne vode, neovisan o nivou u stijenama podine.

Jezerska kreda razvijena je u dolini Butišnice i uz istočni rub Kninskog polja. Prema litološkom sastavu pripada nepropusnim stijenama, no zbog ograničenog rasprostiranja nema značajniju hidrogeološku funkciju.

#### **5.5. Stijene naizmjeničnih svojstava**

U stijene s naizmjeničnim svojstvima pripada najveći dio pleistocenskih i holocenskih naslaga. Njihova propusnost smanjuje se s porastom udjela glinovite komponente u sastavu. U prošlosti su bile šire rasprostranjene i dosezale su veće visine što je direktno utjecalo na nivo voda u karbonatnom zaleđu na prostoru Kninskog i Golubičkog polja. S obzirom na promjenjivi sastav ovih naslaga mijenjaju se i njihove hidrogeološke karakteristike od propusnih (konglomerati) do nepropusnih (gline i lapori). U odnosu na krško zaleđe pleistocenske naslage predstavljaju slabije propusnu sredinu te se na njihovom kontaktu javljaju izvori. Holocenske naslage, zbog male debljine pojavljivanja, nemaju značajniju hidrogeološku funkciju (Renić 1989).



## 6. FLORA I FAUNA NACIONALNOG PARKA "KRKA"

Dio toka rijeke Krke, zbog pretežito neizmijenjenih područja iznimnih i višestrukih prirodnih vrijednosti, pripada zaštićenom području Nacionalnog parka. Granica Nacionalnog parka „Krka“ proteže se 50 km uz gornji i srednji tok rijeke (dva kilometra nizvodno od Knina pa do Skradina) i donji tok Čikole (obuhvaćajući ušće i 3,5 km kanjona rijeke), obuhvaćajući površinu od 109 km<sup>2</sup>. Odlikuje se osebnim i bogatim biljnim svijetom s 860 različitih biljnih vrsta te 221 vrstom ptica, od kojih neke ovdje borave samo za vrijeme proljetnih i jesenskih seoba. Upravo iz tog razloga ovo zaštićeno područje uvršteno je u ornitološki važna područja Europe (Izvor 3).

Tok rijeke Krke nalazi se na prijelazu područja vazdazelene mediteranske i listopadne submediteranske vegetacije. U prošlosti bujna šumska vegetacija, danas je znatno smanjena prvenstveno antropogenim utjecajima. Poriječjem rijeke prevladavaju šume i šikare bijelog graba, makija, garig, travnjaci, kamenjarski pašnjaci, korovne i zasađene zajednice četinjače. Zastupljeni su primarni tipovi vegetacije kao što su biljni svijet vodenih i močvarnih staništa i kanjonska vegetacija s prevladavajućim mediteranskim i južноеuropskim biljkama.

Životinjski svijet parka veoma je bogat i raznolik s brojnim endemičnim, rijetkim i ugroženim svojstama. Podzemna fauna obiluje vrstama od beskralješnjaka (striglobiontni puževi, triglobiontni lažištipavac), preko vodozemaca (čovječja ribica) do devet svojti šišmiša koji tamo grade svoja skloništa. U rijeci obitava 29 svojti riba, među kojima dominiraju ilirski klen, drlja i potočna pastrva. Gornji tok rijeke uzvodno od Roškog slapa područje je hladne i brze vode te u njemu prevladavaju pastrve, dok su šaranke karakteristične za donji tok vode jezerskog tipa. Na ujezerenim dijelovima toka, zamočvarenim livadama i lokvama česti su vodozemci, a kamenjari s oskudnom vegetacijom stanište su gmazova. Od ugroženih svojti u europskim razmjerima u parku se nalaze četiri: veliki potkovnjak, vuk, divlja mačka i vidra (Izvor 1).

## 7. LITERATURA

Buljan R., Pavičić A., 2010. Dolina rijeke Krčić i izvor rijeke Krke, Vodič ekskurzija, 4. Hrvatski geološki kongres, Šibenik 2010., 168–171 str.

Kapelj J., 2002. Strukturni sklop šireg područja Promine u Sjevernoj Dalmaciji i odraz na hidrogeološke odnose, Doktorska disertacija, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 108 str., Zagreb.

Perica D., Orešić D., Trajbar S., 2005. Geomorfološka obilježja doline i poriječja rijeke Krke s osvrtom na dio od Knina do Bilušića buka, Geoadrija, 10/2, 131–156 str.

Renić A., 1989. Hidrogeološki odnosi u slivu izvora rijeke Krke kod Knina, Magistarski rad, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 73 str., Zagreb.

Ritz S., Marković B., Kos R., Jelavić V., 2014. Podloga zahtjevu za ocjenu o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš, Zahvat: MHE Krčić, Odjel za zaštitu okoliša i održivi razvoj, 66 str., Zagreb.

Izvor 1. Nacionalni park Krka

<http://www.npkrka.hr/stranice/prirodna-bastina/49.html>

Izvor 2. Krka

<http://hr.wikipedia.org/wiki/Krka>

Izvor 3. Zaštićena područja

<http://www.mzoip.hr/hr/priroda/zasticena-podrucja.html>

## **8. SAŽETAK**

Dolina rijeke Krke svojim je reljefom kompozitna dolina poligenetskog postanka. U njezinu nastanku sudjelovali su brojni čimbenici poput tektonike, fluvijalne erozije, korozije, denudacije, akumulacije i antropogenih procesa. U poriječju Krke izdvajaju se tri dijela: planinsko područje na sjeveroistočnom dijelu s duboko usječenim dolinama pritoka rijeke Krke, dolinska proširenja u središnjem dijelu koje karakterizira izražena hidrografska mreža s brojnim izvorima te Sjevernodalmatinska zaravan. Tok rijeke formiran je na izrazitom krškom prostoru s veoma složenim sustavom geoloških i hidrogeoloških odnosa. Stijene su s obzirom na hidrološke karakteristike pojedinih litoloških članova podijeljene u pet skupina: propusne, djelomično nepropusne, djelomično propusne, nepropusne i stijene naizmjeničnih svojstava. Zahvaljujući stalnom procesu osedranja, rijeka Krka je kao krški fenomen široko poznata i zaštićena u svjetskim razmjerima.

## **9. SUMMARY**

The valley of the Krka river with his relief makes the composite valley of polygenetic origin. In its creation participated many factors such as tectonics, river erosion, corrosion, denudation, accumulation and anthropogenic processes. In the Krka catchment area stand out three parts: the mountainous area in the northeastern part with the deeply cut valleys tributary of the Krka river, valley expansions in the central part which is characterized by pronounced hydrographical network with a number of wellsprings and The North Dalmatian plateau. The river's flow is formed in an extremely karst area with very complex system of geological and hydrogeological relations. The rocks are considering the hydrological characteristics of individual lithological members divided into five groups: permeable, partially impermeable, partially permeable, impermeable and rocks with alternating characteristics. Thanks to the constant process of calcification, river Krka as karst phenomenon is widely known and protected in the world.