

Uroš Stepišnik\*



# PONORNI KONTAKTNI KRAS ZRENJSKEGA RAVNIKA, ISTRA, HRVAŠKA

*Izvirni znanstveni članek  
COBISS 1.01  
DOI: 10.4312/dela.58.5-26*

## Izvleček

Zrenjski ravniki je kraška uravnava v severni Istri na Hrvaškem, ki ima na severnem in južnem robu obsežna območja ponornega kontaktnega krasa. Vodotoki pritekajo z eocenskih klastičnih kamnin in ponikajo v zakrasele karbonatne kamnine pretežno kredne starosti. Na območju smo opravili morfografsko, morfostrukturno in morfometrično analizo in nato morfogenetsko in morfodinamično interpretacijo. Zaključili smo, da je razvoj kontaktnega krasa potekal vsaj v treh različnih fazah. Najprej je deloval kot korozijska uravnava v plitvem krasu, kasneje je prišlo do tektonskega dviga in antecedentnega vrezovanja vodotokov v korozijsko uravnavo. Šele v zadnji fazi je prišlo do pretočitve površinskih tokov v podzemlje in oblikovanja kontaktnega krasa.

**Ključne besede:** geomorfologija, kras, kontaktni kras, Istra, Hrvaška

⋮ \*Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija  
⋮ e-pošta: uros.stepisnik@ff.uni-lj.si  
⋮ ORCID: 0000-0002-8475-8630

## PONOR TYPE OF CONTACT KARST ON THE ZRENJ PLATEAU, ISTRIA, CROATIA

### Abstract

The Zrenj Plateau is a karst plateau in northern Istria, Croatia, with extensive areas of contact karst of the ponor type on its northern and southern margins. Watercourses flow from Eocene clastic rocks and submerge into karstified carbonate rocks that are predominantly Cretaceous in age. Morphographic, morphostructural, and morphometric analyses were conducted in the area, followed by morphogenetic and morphodynamic interpretations. We concluded that the development of the contact karst occurred in at least three distinct phases. First, it acted as a corrosion plain in a shallow karst, followed by tectonic uplift and antecedent incision of watercourses into the corrosion plain. Only within the last phase did surface streams flow into the subsurface and form the contact karst.

**Keywords:** geomorphology, karst, contact karst, Istria, Croatia

---

### 1 UVOD

Kraška okolja v bližini hidroloških stikov, kjer površinski tokovi vtekajo v kras ali iztekajo iz njega, imenujemo kontaktni kras (Gams, 2003; Mihevc, 1991a; Stepišnik, 2020). Ponorni kontaktni kras je kraško okolje, v katerega vtekajo vode z območja nekarbonatnih kamnin. Zaradi pestrosti oblik in procesov ter obsežnih jamskih sistemov velja ponorni kontaktni kras za eno od najbolj proučevanih kraških okolij (npr. Gams, 1986; 1995; 2001; Gostinčar, 2011; Mihevc, 1991a; Sauro, 2001; Stepišnik in sod., 2007).

V severnem delu hrvaške Istre leži Zrenjski ravniki, območje osamelega krasa med Šavrinskimi brdi na severu in Grožnjanskim hrbtom ter kanjonom Mirne na jugu. Severni in južni rob ravnika sta območji ponornega kontaktnega krasa, saj se vanj stekajo številni vodotoki iz okolice. Pestrost geomorfni oblik tega območja je izredna, a kljub temu območje do sedaj še ni bilo ustrezno geomorfološko dokumentirano. O območju ni literature, ki bi obravnavala geomorfološke značilnosti Zrenjskega ravnika ali značilnosti kontaktnega krasa vzdolž njegovega severnega in južnega roba, zato je namen naše raziskave geomorfološka analiza ponornega kontaktnega krasa Zrenjskega ravnika in interpretacija geomorfološkega razvoja območja. Za dosego osnovnega namena smo si zadali sledeče cilje: (1) morfografsko, morfostrukturno in morfometrično analizo kontaktnega krasa na proučevanem območju, (2) morfodinamično interpretacijo kontaktnega krasa in (3) morfogenetsko interpretacijo celotnega Zrenjskega ravnika.

## 2 METODE

Pri geomorfološki analizi ponornega kontaktnega krasa Zrenjskega ravnika smo uporabili prilagojeno analitsko geomorfološko metodo (Pavlopoulos, Evelpidou, Vassilopoulos, 2009). Morfografska analiza je vključevala identifikacijo in prostorsko dokumentacijo geomorfoloških oblik kontaktnega krasa ter kraških in fluvialnih oblik v bližini litološkega stika. Na osnovi analize topografskih kart v različnih merilih, digitalnih ortofoto posnetkov in digitalnega modela višin (DMV) (Geoportal, 2022) smo izdelali morfografsko analizo, ki je bila podprta s terenskim kartiranjem oblik kontaktnega krasa. Terensko morfografsko kartiranje je potekalo v merilu 1 : 25.000.

Vzporedno z morfografsko analizo je potekala tudi morfometrična analiza relevantnih oblik, na podlagi katerih je mogoče tipizirati površinske oblike kontaktnega krasa in interpretirati procese njihovega oblikovanja in preoblikovanja. Morfometrična analiza je vključevala merjenje dimenzij različnih geomorfni oblik in določevanje nadmorskih višin s pomočjo ročnega GNSS-sprejemnika in topografskih kart (Geoportal, 2022).

Interpretacijo morfogeneze in morfodinamike proučevanega območja smo izdelali na osnovi podatkov, pridobljenih z morfografsko in morfometrično analizo, ter na osnovi pretekle literature o nastanku in delovanju kontaktnega krasa.

## 3 KONTAKTNI KRAS

Termin kontaktni kras opredeljuje kraška okolja, ki ležijo ob aktivnem hidrološkem stiku med fluvialnim in kraškim geomorfni sistemom. Manj pogosto se kot sopomenka uporablja tudi termin stični kras (Gams, Kunaver, Radinja, 1973). V tovrstnih okoljih se prepletajo fluvialni in kraški geomorfni procesi.

Začetne interpretacije so kontaktni kras razlagale kot reliktni fluvialnega sistema oziroma rezultat tako imenovane predkraške faze. Slepe doline, kanjone in ponorne zatrepe so razumeli kot ostanek rečne mreže, ki je delno ohranjena na pritočnih delih krasa, denudirane paragenetske jamske sisteme pa kot nekdanje struge površinskih tokov (Melik, 1955; 1961; Radinja, 1967; 1972). Prve omembe kontaktnega krasa kot geomorfne okolja, ki se nanaša na součinkovanje obeh sistemov, je podal Gams (1962), ki je tovrstna okolja sprva poimenoval kontaktni fluviokras (Gams, 1985/1986). Nekateri avtorji so pojem kontaktnega krasa razširili tudi na stike med fluviokraškim in kraškim okoljem (Gostinčar, 2016; Sauro, 2001) in na stike med ledeniki in zakraselo podlago (Gams, 2001). Sodobna kraška geomorfologija za prvi naveden primer kontaktnega krasa striktno rabi termin fluviokras, za drugega pa poledeneli kras (Komac, 2004; 2006; Roglič, 1958; Žebre, Stepišnik, 2015).

Glede na hidrološko in topografsko pozicijo ločimo ponorni in izvirni kontaktni kras (Mihevc, 1991b). Ponorni kontaktni kras je okolje, kjer vode iz višjega nekraškega fluvialnega geomorfne sistema vtekajo v kraškega. Izvirni kontaktni kras se

oblikuje na območjih iztekanja vode iz kraškega vodonosnika na površje nižje ležečega fluvialnega geomorfnege sistema.

Na ponornem kontaktnem krasu alogeni tokovi iz nezakraselih kamnin, kjer delujejo fluvialni geomorfni procesi, tečejo na zakrasele kamnine. Poleg velikih količin vode s seboj prenašajo tudi izdatne količine sedimenta, ki se delno akumulira na stiku, delno pa se transportira v kraško podzemlje. Na površju ob kontaktu se oblikujejo značilne geomorfne oblike, kot so vršaji kontaktnega krasa, ponorni zatrepi in slepe doline (Mihevc, 1991a; 1994; Stepišnik, 2010; 2020). V nadaljevanju slepih dolin alogeni sedimenti preoblikujejo kraški vodonosnik s paragenezo, ki v epifreatični coni krasa oblikuje večje vodoravne odtočne jamske sisteme. Koncentrirani vodni tokovi v vodoravnih jamah, ki so relativno blizu površja, preoblikujejo zaledje ponornega kontaktnega krasa. Zaradi koncentriranih vodnih tokov v bližini površja se na teh območjih udornice pogosto pojavljajo v skupinah. Zaradi denudacije površja dolgi vodoravni sistemi preidejo na površje kot dolgi vodoravni segmenti denudiranih jam, če je topografija površja relativno uravnana (Stepišnik, 2020).

Površje ponornega kontaktnega krasa je zaradi hidroloških in speleoloških značilnosti specifično oblikovano. Najpogostejše reliefne oblike so ponorni zatrepi, ki nastanejo ob točkah vtekanja površinskih tokov v kras. Oblikovani so na litološkem stiku med karbonatnimi in nekarbonatnimi kamninami. Ponorni zatrepi so strma pobočja na izteku fluvialnih dolin. Pobočja so odmaknjena le malo od litološkega stika, tako da so širine dolin, ki segajo na karbonatne kamnine, manjše od njihove dolžine (Mihevc, 1991a; Stepišnik, 2020). Pod strmimi pobočji ponornih zatrepov vodotoki vteka v kras skozi ponore ali ponikve (Novak, 1962; Stepišnik, 2020). Za razliko od ponornih zatrepov so slepe doline daljše, tako da je razmerje med dolžino in širino v prid dolžini (Mihevc, 1991a; Stepišnik, 2020). Za slepe doline je značilno, da imajo široko uravnano dno, ki ga gradijo sedimenti, obdano s strmimi pobočji iz karbonatnih kamnin. V dna slepih dolin so sedimenti odloženi v obliki vršajev, ki jih v pritočnem delu gradi bolj grobozrnata frakcija, medtem ko je sediment v odtočnem delu bolj fino zrnat, kar je rezultat občasnega ojezerjevanja dnov (Radinja, 1972). Če so struge vodotokov v karbonatni kamnini, so v njihovih dneh navadno požiralniki. Sicer pa vode odtekajo skozi ponikve ali ponore, ki se nahajajo na robovih sedimentnih uravnjav pod pobočji. V dneh slepih dolin so pogoste tudi sufozijske vrtače, ki jih je navadno veliko več v delih dna, ki so bližje pobočjem. Pobočja slepih dolin so bolj strma in celo stenasta v bližini ponikv ali ponorov (Kozamernik, 2016; Mihevc, 1994). Reliefne oblike, ki so vezane na kontaktni kras, so tudi reliktno slepe doline (Mihevc, 1991a; Stepišnik, 2009; Stepišnik, 2020). To so slepe doline ali deli slepih dolin, v katere več ne vteka površinski vodotok. Navadno je debelina sedimentnih zapolnitev v njihovih dneh manjša ali pa popolnoma denudirana. V dneh so pogosto vrtače in druge površinske kraške oblike. Reliktne slepe doline nastanejo s skrajševanjem slepih dolin; v teh primerih je na pritočnem zaledju fosilnih slepih dolin nižje ležeča aktivna slepa dolina ali ponorni zatrep.



Lahko pa nastanejo s popolno prekinitvijo dotokov iz fluvialnega dela doline, ki je navadno rezultat pretočitve (Gams, 1959; Mihevc, 1991b; Stepišnik, 2010)

## 4 FIZIČNOGEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI ZRENJSKEGA RAVNIKA

Proučevano območje kontaktnega krasa Zrenjskega ravnika leži v skrajnem severnem delu hrvaške Istre. Zrenjski ravnik je del večjega pasu izoliranega krasa, ki se razteza od Savudrije na severozahodu do Zrenja na jugovzhodu. Ta pas kraškega reliefa je širok 3 km in dolg 30 km s površino 120 km<sup>2</sup> ter je orientiran v smer severozahod–jugovzhod. Na severu meji na Piranski zaliv, dolino Dragonje in na južne obronke Šavrinskih brd. Na jugozahodnem delu je omejen s kanjonom Mirne, na južnem delu pa z Grožnjanskim hrbtom, ki proti severozahodu prehaja v nižji relief porečja Potočka. Skrajni severozahodni rob je obala Jadranskega morja med Umagom in Savudrijo.

Slika 1: Lokacija Zrenjskega ravnika.



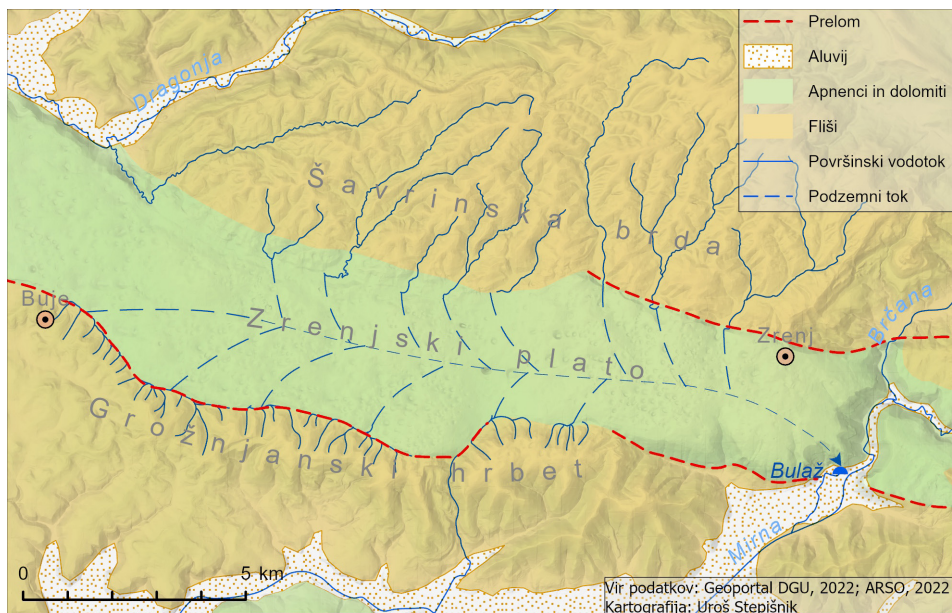
Zrenjski ravnik je vzhodni del tega območja med Bujami na zahodu in Zrenjem na vzhodu. Nadmorske višine segajo na zahodnem delu do 200 m in proti vzhodu postopoma naraščajo do 450 m. Na vzhodu meji na globoko vrezan kanjon Mirne, na zahodu pa je relief zvezen in ni ostre meje z ostalim območjem izoliranega krasa (slika 1).

Grožnjanski hrbet na jugu gradijo eocenske klastične kamnine, ki so fliši ali flišu podobni turbiditi (Pleničar, Polšak, Sikić, 1973).

O srednji del Zrenjskega ravnika, kjer prevladujejo kamnine kredne starosti, tvori zelo blago brahiantiklinalo, ki proti zahodu prehaja v enotno strukturo, kjer plasti krednih apnencev blago vpadajo proti severu. Na severozahodu, med dolino Dragonje in naseljem Čepič, kredni apnenci blago tonejo pod paleogenske in eocenske apnence ter pod eocenske turbidite. Severovzhodni rob od Čepiča do doline Mirne poteka vzdolž preloma. Prav takšen je tudi celoten južni del Zrenjskega ravnika, kjer vzdolž celotnega roba poteka pomemben regionalni strm Bujski reverzni prelom (Otoničar, 2015; Pleničar, Polšak, Sikić, 1973).

Relief tega območja je kraški ravnik, ki je razčlenjen s kraškimi kotanjami različnih dimenzij in nastanka. Med njimi prevladujejo vrtače, nekaj je tudi udornic. Severni rob in skoraj celoten južni rob Zrenjskega ravnika obsega ponorni kontaktni kras. Številni vodotoki iz fluvialnega reliefa severnih Šavrinskih brd in južnega Grožnjanskega hrbta na robu kraškega ravnika odtekaajo v podzemlje. Na stiku obeh geomorfniških sistemov so številne reliefne oblike, značilne za kontaktni kras. Vode podzemno odtekaajo proti vzhodu, kjer v kanjonu Mirne prihajajo na površje v izviru Bulaž pri Istrskih toplicah (Biondić, Petrič, Rubinić, 2015).

Slika 2: Geološke in hidrogeološke značilnosti Zrenjskega ravnika (Otoničar, 2015; Pleničar, Polšak, Sikić, 1973).



Slika 3: Izvir Bulaž v dolini Mirne (foto: U. Stepišnik).



## 5 GEOMORFOLOŠKA ANALIZA KONTAKTNEGA KRASA ZRENJSKEGA RAVNIKA

Ponorni kontaktni kras obdaja celotno območje vzdolž celotnega severnega in skoraj celotnega južnega roba Zrenjskega ravnika. Na jugu je ponorni kontaktni kras prekinjen le na območju erozijskega jarka potoka Rikava ter na skrajnem jugovzhodnem in vzhodnem delu med vasema Oprtalj in Žonti. Skupna dolžina ponornega kontaktnega krasa je 30 km. Kljub relativno enotnim litološkim in hidrološkim značilnostim so geomorfološke značilnosti kontaktnega krasa zelo različne. Prav zato smo kontaktni kras Zrenjskega ravnika razdelili na tri območja. Severni rob Zrenjskega ravnika smo razdelili na dva dela: severozahodni in severovzhodni. Južni del je geomorfološko dokaj enoten.

### 5.1 Severozahodni rob Zrenjskega ravnika

Severozahodni del kontaktnega krasa Zrenjskega ravnika leži med dolino Dragonje na zahodu in vasjo Šterna na vzhodu. Skupna dolžina litološkega stika tega območja je 10,5 km. Na tem območju iz Šavrinskih brd na kraški ravnik priteka šest vodotokov. Doline teh vodotokov so ob svojih iztekih na geološkem stiku le blago poglobljene v kras.

Geološki stik med karbonatnimi kamninami paleocenske starosti na jugu in nekarbonatnimi klastičnimi kamninami eocenske starosti na severu je normalen. Zaradi

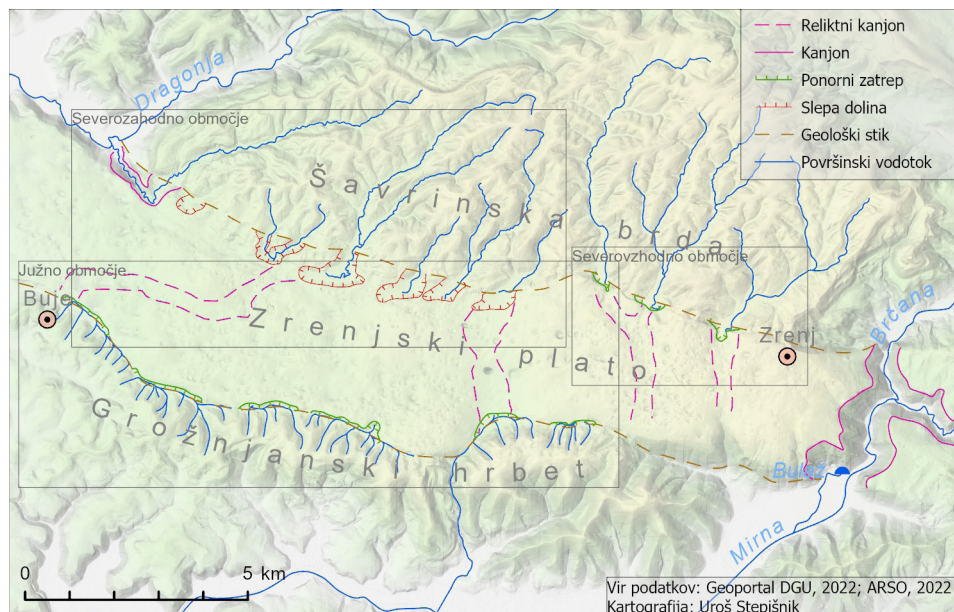


majhnega upada plasti od  $10^\circ$  do  $20^\circ$  v smeri severovzhoda litološki stik na površju ni linearen, ampak razgiban, saj je odvisen od oblikovanosti reliefa. V dnih dolin je zamaknjen proti severu, na grebenih pa proti jugu (Pleničar, Polšak, Sikić, 1973).

Na skrajnem zahodnem delu tega območja se nahaja dolina reke Poganje (*it. Ar-gile*). Njeno porečje je razmeroma veliko, saj obsega površino  $10,7 \text{ km}^2$ . Dolina reke se nadaljuje 250 m prek litološkega stika med karbonatnimi in nekarbonatnimi kamninami, kjer se dolinsko dno razširi in ima obliko slepe doline. V tem delu se smer poteka doline iz smeri severovzhod–jugozahod spremeni za  $90$  stopinj in se nadaljuje v smeri severozahoda. V tem delu je dolina ozek in strm, meandrirajoč kanjon, ki je vrezan v apnenice kredne starosti. Dolina se izteče v širokem naplavnem dnu doline Dragonje. Dolina Poganje torej v svojem delu, ki poteka prek zakraselih kamnin, ni območje kontaktnega krasa. Del porečja, ki poteka skozi kanjon, opredeljujemo kot območje plitvega krasa. Kljub temu da je začetni del kanjona nekoliko razširjen in ima obliko podobno slepi dolini, nismo identificirali nikakršnih geomorfoloških oblik, ki bi nakazovale, da so v preteklosti vode iz tega dela vtekale v kras.

Vzhodneje od Poganje se nahaja manjše porečje ( $0,9 \text{ km}^2$ ), ki nima stalnega vodnega toka. Plitev erozijski jarek, ki se pridružuje iz nekarbonatnega dela porečja, se zaključi na nadmorski višini 212 m na aluvialni uravnavi manjše slepe doline, ki sega 300 m preko litološkega stika s karbonatnimi kamninami. Širina aluvialnega dna v slepi dolini ob litološkem stiku je 230 m.

Slika 4: Pregledna geomorfološka karta Zrenjskega ravnika.





dolgo 150 m. Drug reliktni del slepe doline je na zahodnem delu. Aluvialno dno je približno 3 m višje od recentnega ter je 300 m dolgo in 100 m široko.

Naslednja dolina proti vzhodu se imenuje Vale. Velikost njenega porečja je majhna in obsega le 1,8 km<sup>2</sup>. Največja širina aluvialne uravnave na kraškem delu litološkega stika je ob njenem izteku in meri 450 m, njena dolžina pa 580 m, zato obliko obravnavamo kot slepo dolino. Nadmorska višina uravnave ob izteku je 277 m. V rečni strugi, ki je do 1,5 m vrezana v okoliško uravnavo, so tri ponikve. Južno pobočje slepe doline je blago in visoko do 70 m. V vzhodnem pobočju je reliktno dno slepe doline, ki leži 5 m nad recentno uravnavo. Reliktno dno slepe doline je dolgo 500 m in široko 150 m. Zaključni se z obsežno kotanjo, ki je 10 m nižja od dna reliktno slepe doline.

Proti vzhodu je dolina potoka Jugovac. Njegovo porečje obsega površino 5,8 km<sup>2</sup>. Porečje sestavljata dve ločeni dolini, ki se združita 1 km pred zaključkom doline. Obsežno aluvialno dno izteka doline južno od litološkega stika je široko 200 m in dolgo 480 m, torej jo opredeljujemo kot slepo dolino. Nadmorska višina aluvialnega dna je 295 m. Struga vodotoka je popolnoma regulirana in vodi v udornico, kjer po 10 metrov visokem slapu vodotok odteka v podzemlje v dnu udornice. Reliktne del dna slepe doline je nekaj metrov nad recentnim in orientiran v smeri zahoda. Dolg je 300 m in širok 150 m. Njegov obod v tej smeri, ki dolino ločuje od slepe doline Vale, je visok le 8 m. Ostala pobočja nad dnem slepe doline so blaga in se dvigujejo do 35 m nad uravnanim dnem.

*Slika 6: Ponor potoka Jugovac je v udornici (foto: U. Stepišnik).*





Najbolj vzhodna in zadnja v nizu severozahodnih dolin je dolina potoka Šterna. Njeno porečje obsega 2,5 km<sup>2</sup>. Aluvialna uravnava v izteku doline južno od litološkega stika je na nadmorski višini 295 m; je 230 m široka in 500 m dolga. Struga vodotoka v tej slepi dolini je vrezana v uravnavo do 8 m; v strugi so številne ponikve in požiralniki. Zaključek slepe doline ni izrazit, saj so pobočja zelo blaga. Južno od slepe doline je suh kanjon, ki je le nekaj metrov višji od dna slepe doline. Suh kanjon poteka preko celotnega Zrenjskega ravnika v smeri sever–jug in je kilometer širok in 2,5 km dolg. Dno suhega kanjona je razčlenjeno s številnimi vrtačami in udornicami. Južni del kanjona, ki ima toponim Polje, je razširjen. Slepa dolina Šterna ima proti zahodu reliktni del. Dno reliktnega dela je dolgo 700 m in 5 m višje od aluvialne uravnave Šterne.

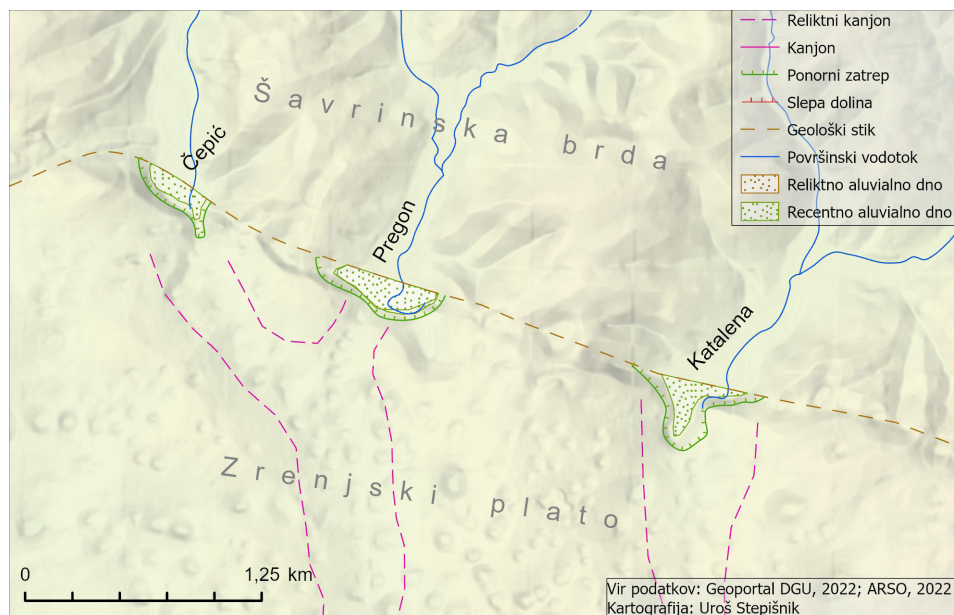
## 5.2 Severovzhodni rob Zrenjskega ravnika

Severovzhodni del kontaktnega krasa Zrenjskega ravnika se nahaja med slepo dolino Šterna na zahodu in kanjonom reke Bračane na vzhodu. Skupna dolžina litološkega stika tega območja je 7 km. Iz Šavrinskih brd na območje karbonatnih kamnin pritekajo trije vodotoki. Doline so ob svojih iztekih na litološkem stiku globoko zarezane v okoliško površje.

Stik med zakraselimi kamninami kredne starosti in nezakraselimi klastičnimi kamninami eocenske starosti je tektonski. Stik predstavlja normalni prelom, ob katerem je severni blok relativno spuščен glede na južnega (Pleničar, Polšak, Sikić, 1973). Vzdolž celotnega geološkega kontakta je oblikovana strukturna stopnja z relativno višino od 10 do 20 m.

Najzahodnejša dolina na tem območju leži okoli 2 km vzhodno od slepe doline Šterna in se po bližnjem naselju imenuje Čepič; v slepi dolini teče potok Maliska. Njegovo porečje obsega 11 km<sup>2</sup>. Obsežna aluvialna uravnava v dnu doline potoka Maliska je na izteku doline na nadmorski višini 320 m. Širina aluvialnega dna ob litološkem stiku v dnu doline je 350 m, dolžina pa je 100 m, zato lahko iztek doline Maliske opredelimo kot ponorni zatrep. Dno doline ob izteku je ob visokih vodostajih pogosto ojezerjeno. Rečna struga je poglobljena v okoliško uravnavo za okoli 3 m, v strugi pa so tri skupine ponikev, ki se nahajajo tik pod strmim pobočjem ponornega zatrepa. Na skrajnem južnem delu se na koncu struge nahaja končni ponor Maliske. Večina pobočij ob izteku slepe doline je strmih in stenastih; visoka so do 50 m. Jugovzhodno od ponornega zatrepa je suh kanjon. Dno kanjona je okoli 20 m višje od aluvialne uravnave ponornega zatrepa. Suh kanjon je širok 300 m in 40 m globok. Poteka vzdolž celotnega Zrenjskega ravnika in se izteče na južnem robu v bližini naselja Oprtalj.

Slika 7: Morfografska karta severovzhodnega dela kontaktnega krasa Zrenjskega ravnika.



Slika 8: Slepa dolina Čepić (foto: U. Stepišnik).





Približno kilometer vzhodneje je dolina potoka Pregon. Velikost njegovega porečja je 10,7 km<sup>2</sup>. Aluvialna uravnava, ki obsega večji del dolinskega dna, se ob izteku slepe doline zaključuje na nadmorski višini 346 m. Širina doline ob litološkem stiku je 350 m, dolžina pa 100 m, zato iztek te doline opredeljujemo kot ponorni zatrep. Rečna struga je ob koncu ponornega zatrepja globoka 5 m. Vzdolž rečne struge, pod strmim pobočjem v izteku doline, so tri skupine ponikev. Pobočja so 50 m višja od aluvialne uravnave, razen na južnem delu, kjer so visoka le 20 m. V tem delu se nahaja suh kanjon, ki poteka proti jugu in se po 500 m združi s suhim kanjonom jugovzhodno od ponornega zatrepja pri Čepiću.

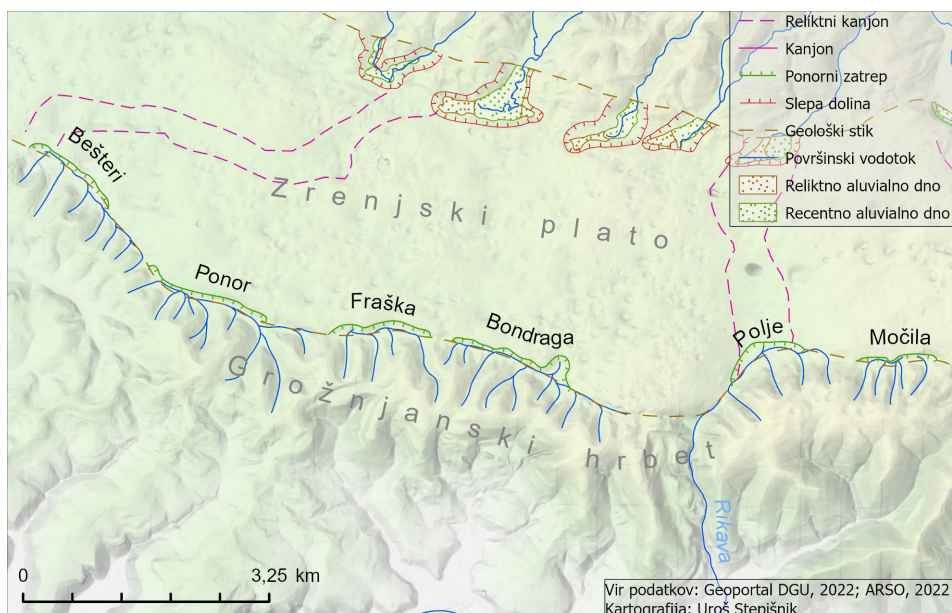
Najvzhodnejša dolina, po kateri teče potok z imenom Mlaka, se imenuje Katalena. Velikost porečja v zaledju slepe doline je 10,3 km<sup>2</sup>. Aluvialna uravnava, ki zapolnjuje večji del dolinskega dna, je ob izteku doline na nadmorski višini 338 m. Širina aluvialnega dna doline ob litološkem stiku je 400 m, dolžina južno od stika 300 m, zato iztek doline Katalene opredeljujemo kot ponorni zatrep. Struga potoka Mlaka je nekaj metrov globoka. V njej so ob južnem pobočju ponornega zatrepja številne ponikve, kjer vodotok odteka v podzemlje. Dolina se zaključuje s 40 m visokim, strmim pobočjem. Južno od ponornega zatrepja je suh kanjon, ki ima dno 30 m višje od aluvialnega dna ponornega zatrepja. Usmerjen je proti jugu in poteka preko celotnega Zrenjskega ravnika.

### 5.3 Južni rob Zrenjskega ravnika

Vzdolž skoraj celotnega južnega roba Zrenjskega ravnika od Buj na zahodu do vasi Oprtalj na vzhodu je območje ponornega kontaktnega krasa. Njegova skupna dolžina je 12,5 km. Na ta kontakt z Grožnjanskega hrbta priteka cela vrsta manjših vodotokov, ki se stekajo v reliefnih kotanjah, ki potekajo vzdolž litološkega stika med zakraselimi in nezakraselimi kamninami. Litološki stik med karbonatnimi kamninami kredne starosti in nekarbonatnimi klastičnimi kamninami eocenske starosti je vzdolž strmega reverznega Bujskega preloma (Pleničar, Polšak, Sikić, 1973).

Nekoliko zahodno od Buj se v podolgovato kotanjo z Grožnjanskega hrbta do stika z Zrenjskim ravnikom po erozijskih jarkih steka osem manjših vodotokov. Kotanja, ob litološkem stiku, kamor se vodotoki stekajo, se imenuje Bešteri, široka je 1500 m in se skoraj v celoti nahaja na območju nekarbonatnih kamnin. Le severozahodni del kotanje sega nekaj 10 metrov preko stika s karbonatnimi kamninami. Zaradi morfometričnih značilnosti kotanje Bešterov opredeljujemo kot ponorni zatrep. Velikost porečja vseh vodotokov v zaledju Bešterov je 1,4 km<sup>2</sup>. Dno kotanje je aluvialna uravnava na nadmorski višini 140 m. Na uravnavi je ena ponikev; območje je zaradi športne infrastrukture Buj antropogeno močno spremenjeno. Pobočje nad ponornim zatrepom je blago in visoko 30 m.

Slika 9: Morfolofska karta severovzhodnega dela kontaktnega krasa Zrenjskega ravnika.



Jugovzhodno od Bešterov je podoben ponorni zatrep z imenom Ponor. Širina ponornega zatrepa je 2200 m in sega nekaj 10 metrov prek litološkega stika. V kotanjo se po erozijskih jarkih steka 10 vodotokov, ki imajo skupno površino porečja 2,3 km<sup>2</sup>. Aluvialna uravnava v dnu kotanje ponornega zatrepa je na nadmorski višini 180 m, na dnu pa smo identificirali 3 ločene ponikve. Blago pobočje nad dnom ponornega zatrepa je visoko 50 m.

Vzhodno sledi ponorni zatrep s toponimom Fraška. Je nekoliko manjši, saj je njegova dolžina vzdolž litološkega stika 1,5 km, porečje štirih vodotokov, ki se stekajo vanj, pa obsega 1,2 km<sup>2</sup>. Vodotoki odtekajo v podzemlje v ponikvi v najnižjem delu aluvialne uravnave na nadmorski višini 235 m. Pobočja ob geološkem stiku so zvezna in uravnovežena, visoka so 30 m.

Naslednji ponorni zatrep je Bondraga. Njegova širina je 2,8 km in sega nekaj 10 metrov prek litološkega stika. Vanj po erozijskih jarkih priteka 14 ločenih vodotokov. Površina njihovega skupnega porečja je 1,7 km<sup>2</sup>. Vodotoki se v ponornem zatrepu združijo in odtekajo v ponikve v osrednjem delu ponornega zatrepa. Na območju ponikev je pobočje ponornega zatrepa 200 m severneje od litološkega stika. Pobočja vzdolž celotnega ponornega zatrepa so blaga, visoka do 50 m. Pobočja nad ponikvami so strmejša, prekrita z melišči.

S ponornim zatrepom Bondraga se zaključi zvezno območje kontaktnega krasa vzhodno od Buj. Prekinja ga erozijski jarek potoka Rikava, ki od litološkega stika

odteka v smeri juga in je desni pritok Mirne. Vzhodno od erozijskega jarka Rikave se pet ločenih vodotokov steka v enotno dno ponornega zatrepja s toponimom Polje. Ponorni zatrep leži na južnem delu suhega kanjona, ki seka Zrenjski ravnik od slepe doline Šterna proti jugu. Velikost porečja vodotokov, ki se stekajo vanj, je 1,2 km<sup>2</sup>. Skupna širina ponornega zatrepja vzdolž litološkega stika je 1,3 km. Aluvialno dno ponornega zatrepja je na nadmorski višini 230 m, na dnu sta dve ponikvi. Pobočje ponornega zatrepja je blago in visoko okoli 10 metrov.

Zadnji ponorni zatrep v seriji južnega roba Zrenjskega ravnika se imenuje Močila. Leži vzhodno od ponornega zatrepja Polje in ima dolžino vzdolž litološkega stika 1,2 km. Skupna površina porečja petih vodotokov, ki se stekajo v ponorni zatrep, je 0,9 km<sup>2</sup>. Na aluvialnem uravnanem dnu sta dve ponikvi, kamor odtekajo vodotoki. Blago pobočje ponornega zatrepja je od 30 do 50 m visoko.

## 6 DISKUSIJA

Kontaktne kras Zrenjskega ravnika smo na podlagi morfografskih in morfometričnih značilnosti ter na podlagi hidrološke funkcije razdelili na tri območja. Severozahodni del je 10,5 km dolg litološki stik med dolino Dragonje in vasjo Šterna. Stik med zakraselimi in nezakraselimi kamninami na tem območju je konkordanten z vpadom skladov od 10° do 20° v smeri severovzhoda (Pleničar, Polšak, Sikić, 1973). Šest vodotokov iz fluvialnega reliefa Šavrinskih brd priteka na kras Zrenjskega ravnika. Velikost njihovih porečij je do 11,7 km<sup>2</sup>. Z izjemo Poganje se doline vseh vodotokov iztečejo v slepe doline. Dna slepih dolin so uravnana in zapolnjena z aluvialnimi nanosi, pobočja pa so blaga in uravnovežena (Stepišnik, Kosec, 2011). Struge vodotokov so v slepih dolinah nekaj metrov globoke, v njih pa so ponikve ali požiralniki. Niz treh slepih dolin, od doline Bazuje do doline Jugovskega potoka, ima v zahodnem delu slepe doline reliktnne dele, ki so nekoliko dvignjeni nad recentne aluvialne uravnave. Med slepimi dolinami v tem nizu ni izrazitih reliefnih prehodov. Nadmorske višine dnov slepih dolin upadajo od vzhoda proti zahodu. Slepe doline z njihovimi reliktnimi deli tako tvorijo nekakšno podolje, ki se izteče v suhem kanjonu, ki se nahaja južno od slepe doline Čertine. Smer reliktnih delov slepih dolin in njihove nadmorske višine, ki upadajo od vzhoda proti zahodu, nakazujejo smer nekdanjega površinskega toka. Vodotok, ki je zbiral vodo iz dolin Bazuje in Vala ter doline Jugovskega potoka, se je združeval z vodotokom iz doline Čertina in površinsko odtekal prek Zrenjskega ravnika po kanjonu, ki je danes brez vodotoka. Ob pretočitvi vodotoka v podzemlje, ko je kanjon izgubil svojo hidrološko funkcijo, so se ob iztekah dolin oblikovale slepe doline na območjih današnjih reliktnih delov slepih dolin. V kasnejši fazi pa so se vodotoki v slepih dolinah krajšali, tako da so deli slepih dolin postali hidrološko neaktivni oziroma reliktni. Današnje ponikve in požiralniki, ki se nahajajo v globokih strugah v dneh slepih dolin, niso razporejeni

ob robovih recentnih aluvialnih dnov slepih dolin, pač pa v osrednjih delih uravnjav. To prav tako nakazuje, da se ponorni rob slepih dolin postopoma umika proti severu, vse bližje litološkemu stiku.

Najvzhodnejša dolina na območju severozahodnega roba Zrenjskega ravnika se izteče v slepi dolini Šterna. Ima podobne geomorfološke in hidrološke značilnosti kot ostale slepe doline tega območja: blaga pobočja slepe doline, reliktna dela dna in globoko strugo v recentnem delu dna s požiralniki in ponikvami. Južno od slepe doline je suh kanjon, ki sega preko celotnega Zrenjskega ravnika do uravnave ob ponornem zatrepu Polje, to pa se proti jugozahodu navezuje na erozijski jarek Rikave. Nekdanji tok, ki je iz današnje slepe doline tekkel po kanjonu, je ob pretočitvi v podzemlje tekkel po danes reliktnem delu dna slepe doline. Kasneje se je površinski tok skrajšal, tako da danes teče v strugi, ki je globoko zarezana v recentno aluvialno dno doline.

Najzahodnejši vodotok severozahodnega območja je Poganja. Struga vodotoka po prehodu na naplavno ravnico oblikuje meandre. V delu porečja, ki leži na karbonatnih kamninah, so meandri globoko zarežani in ujeti v kamninsko podlago, struga pa se strmo spušča proti severozahodu v dolino Dragonje. Ujeti meandri nakazujejo na majhen strmec v tem delu struge pred antecedentnim vrezovanjem. Slednje je rezultat spusta erozijske baze ob poglobljanju doline reke Dragonje. Kljub oblikovanosti rečnega korita in širine doline ob litološkem stiku ne moremo zaključiti, da je Poganja nekoč ponikala v slepi dolini na stiku z zakraselimi kamninami in se kasneje pretočila v dolino Dragonje. Poganja se je samo antecedentno poglobila v kanjon ob postopnem vrezovanju doline Dragonje. Interpretacija razvoja porečja z zadenjskim vrezovanjem erozijskega jarka, v katerega se je kasneje pretočila Poganja, je manj verjetna, saj erozijskih jarkov na karbonatih navadno ni.

Vzdolž severovzhodnega roba Zrenjskega ravnika, med vasjo Šterna na zahodu in kanjonom Bračane na vzhodu, je severovzhodni niz ponornih zatrepov. Litološki stik med karbonatnimi kamninami in nekarbonatnimi kamninami je vzdolž reverznega preloma. Okoli 7 km dolg stik predstavlja prelom, ob katerem je južni blok relativno dvignjen glede na severnega. Vzdolž tega litološkega stika se iztekajo doline treh vodotokov. Velikost njihovih porečij je do 5,8 km<sup>2</sup>. Doline vseh treh vodotokov se ob litološkem stiku zaključijo s ponornimi zatrepi. Vsi zatrepi imajo v dneh široke aluvialne uravnave, pobočja pa so strma, ponekod tudi stenasta (Stepišnik, Kosec, 2011). Struge vodotokov so pretežno umetno regulirane, zaključijo pa se pod strmimi pobočji v ponikvah in ponorih.

V nadaljevanju vseh treh ponornih zatrepov so suhi kanjoni. Zatrepi dolini Čepić (vodotok Maliska) in Pregon se nadaljujeta v dva suha kanjona, ki se na Zrenjskem ravniku združita v enotni kanjon. Kanjon se na južnem robu ravnika izteče nad dolino Mirne. Dolina Katalena ima prav tako v nadaljevanju suh kanjon, ki poteka preko Zrenjskega ravnika in se izteče na južnem robu nad dolino Mirne. Reliktne kanjoni nakazujejo na nekdanje površinske tokove prek Zrenjskega ravnika, ki so se nato antecedentno vrezali v kanjone ob spustu erozijske baze. Erozijska baza teh vodotokov je

dolina Mirne. Ob nadaljnjem poglobljanju erozijske baze so se vodotoki ob kontaktu pretočili v podzemlje, tako da so kanjoni postali reliktni.

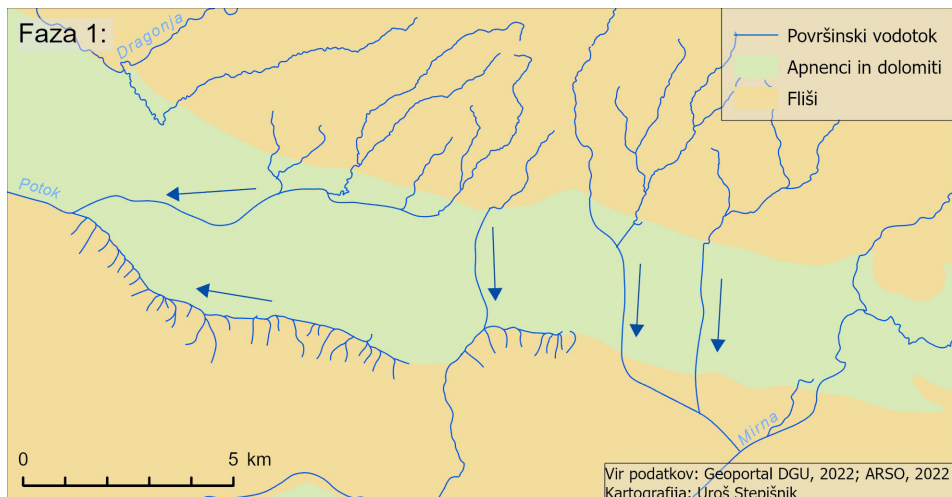
Na severovzhodnem robu Zrenjskega ravnika nismo zasledili krajšanja slepih dolin v ponorne zatrepe, kot smo ga v severozahodnem delu. Reliktne slepih dolin na tem območju ni. Razliko interpretiramo z drugačnim stikom med karbonatnimi in nekarbonatnimi kamninami. Na severozahodnem delu območja gre za konkordanten stik (Pleničar, Polšak, Sikić, 1973), kjer imajo plasti relativno majhen vpad. Ob denudaciji nekarbonatnih kamnin v krovlini se litološki stik na površju postopoma premika proti severu, kar pomeni, da so reliktni deli slepih dolin iz obdobj, ko je bil litološki stik še v njihovi bližini. Na severovzhodnem delu ni prišlo do spremembe lokacije litološkega stika, saj gre za normalni prelom.

Južni rob Zrenjskega ravnika predstavlja 12,5 km dolg stik karbonatnih in nekarbonatnih kamnin. Celoten stik južnega dela poteka vzdolž strmega reverznega Bujskega preloma (Pleničar, Polšak, Sikić, 1973; Otoničar, 2015). Porečja vodotokov, ki vtekaajo v kras, so majhna v primerjavi s severnimi. Erozijski jarki na Grožnjanskem hrbtu se v bližini litoloških stikov združijo v enotne ponorne zatrepe. Pobočja ponornih zatrepov so blaga. V aluvialnih dneh ponornih zatrepov so številne ponikve.

Najnižji deli obodov ponornih zatrepov so na vzhodnih in zahodnih straneh, torej na mestih, kjer prehajajo v sosednje ponorne zatrepe. Znižani obodi in nadmorske višine recentnih dnov ponornih zatrepov ter odsotnost reliktnih oblik kontaktnega krasa nakazujejo na nekdanji površinski vodotok vzdolž litološkega stika v smeri gradienta. Vodotoki jugozahodnega dela kontaktnega krasa, ki vključuje ponorne zatrepe Bešteri, Ponor in Fraška, so nekoč odtekali po dolini vzdolž litološkega stika v smeri Buj. Na območju Buj se je ta vodotok združil s površinskim vodotokom, ki je pritekal iz severovzhoda prek Zrenjskega ravnika. Ta pritok je tekel približno na območju današnjega suhega kanjona v zaledju dolin Čertine, Bazuje, Vale in Jugovskega potoka. Skupni vodotok je tekel proti zahodu v dolino današnjega Potoka. Vodotoki iz današnjega ponornega zatropa Polje, morda tudi iz Močil, so se združili z vodami, ki so z območja današnje slepe doline Šterna v kanjonu tekle preko Zrenjskega ravnika v dolino Rikave, ki je desni pritok Mirne.

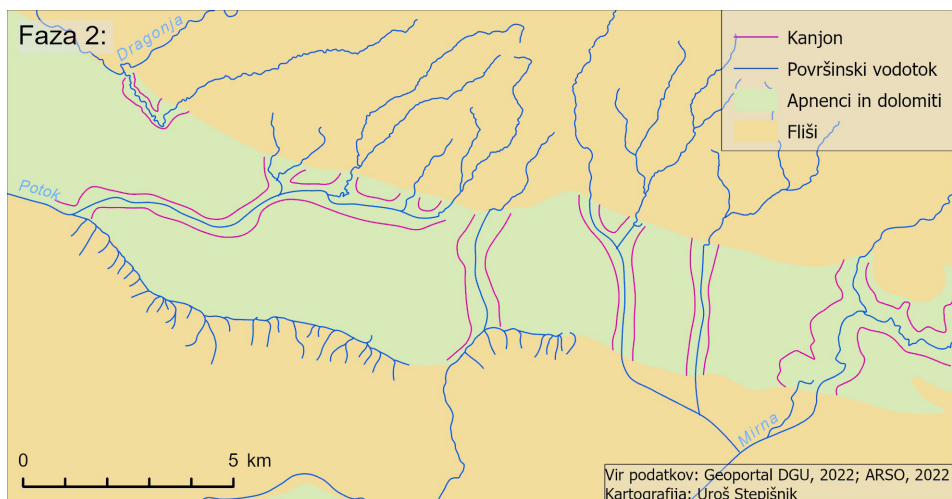
Na podlagi opisanega lahko geomorfološki razvoj Zrenjskega ravnika poenostavljeno razdelimo v tri faze. V prvi fazi je ravnik deloval kot korozijska uravnava plitvega krasa (Stepišnik, 2020). Tovrstne uravnave nastanejo z uravnavanjem kraškega površja v bližini podzemne vode v krasu (Gams, 2003; Habič, 1985–1986; Roglič, 1957; 1958). Dolgotrajna stabilna gladina podzemne vode v krasu je povzročila navpično korozijsko zniževanje površja do te ravni. Tektonske razmere v tej fazi razvoja so morale biti stabilne in trajati dovolj dolgo, da se jim je površje prilagodilo oziroma uravnalo. Oblikovala se je torej korozijska uravnava v gladini podzemne vode v krasu. Prek te kraške uravnave so tekle reke pretežno v smeri iz severa proti jugu (slika 10).

Slika 10: Prva geomorfološka razvojna faza Zrenjskega ravnika.



V drugi fazi geomorfološkega razvoja območja je prišlo do spusta erozijske baze zaradi tektonskega dviga območja Istre. Površinski tokovi so se antecedentno vrezali v kraško uravnavo in oblikovali kanjone, kar pomeni, da so se rečne doline erozijsko in korozijsko poglobile v okoliško površje (Ehlen, 2004). Na fluvialnih območjih v bližini Zrenjskega ravnika iz kamnin eocenske starosti so se reke prav tako zarezale v okoliško površje in oblikovale rečne doline (slika 11). V tej fazi se je na območju Zrenjskega ravnika oblikoval globoki kras z izjemo hidrološko aktivnih kanjonov.

Slika 11: Druga geomorfološka razvojna faza Zrenjskega ravnika.

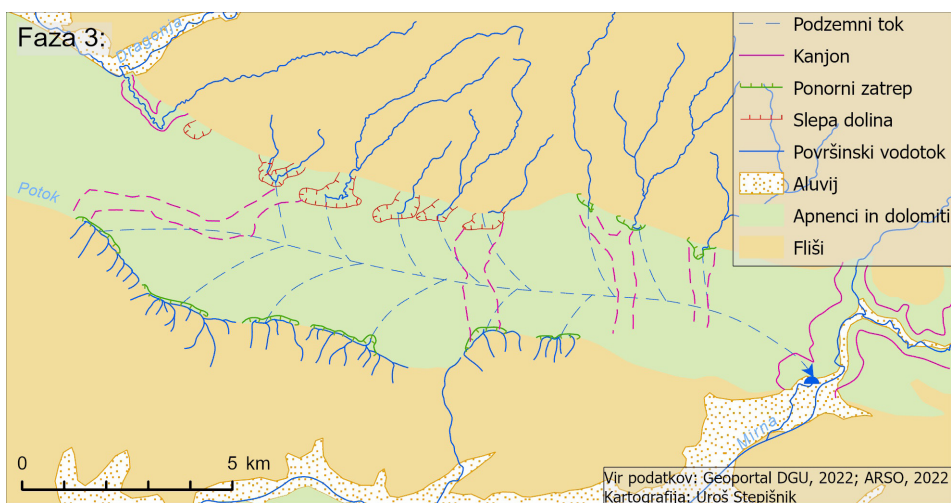




V tretji fazi geomorfološkega razvoja Zrenjskega ravnika se je spuščanje gladine podzemne vode nadaljevalo. To je vodilo v delni razpad površinske rečne mreže in pretočitev vodotokov v podzemlje. Vsi vodotoki, ki so se pretakali preko Zrenjskega ravnika, so pričeli odtekati v podzemlje. V večji meri je smer podzemnih tokov na tem območju proti izviru Bulaž, ki leži v dolini Mirne (Biondić, Petrič, Rubinić, 2015). Edina vodotoka, ki se nista pretočila v kras, sta Mirna in njen desni pritok Brčana, ki površinsko tečeta preko kraškega območja v kanjonih.

Na stiku karbonatnih in nekarbonatnih kamnin je nastal kontaktni kras s ponornimi zatrepji in slepimi dolinami. Na tektonskih stikih so se oblikovali ponorni zatrepji. Na teh stikih ni slepih dolin niti fosilnih slepih dolin, kar pomeni, da je do pretočitve površinskih vodotokov v kras prišlo na litološkem stiku. Vodotoki vzdolž konkordantnih stikov odtekajo v podzemlje v izteku slepih dolin. Slephe doline imajo tudi fosilne dele, ki nakazujejo na krajšanje dolžine površinskih vodotokov in njihovo postopno migracijo v smeri litološkega stika. Tudi v recentnih dneh slepih dolin so ponikve in požiralniki v njihovih osrednjih delih, torej lahko sklepamo na postopno krajšanje slepih dolin, ki bodo v prihodnje prešle v ponorne zatrepje.

Slika 12: Tretja geomorfološka razvojna faza Zrenjskega ravnika.



## 7 ZAKLJUČEK

V raziskavi smo geomorfološko proučili območje Zrenjskega ravnika, ki se nahaja v severnem delu hrvaške Istre. Ravnica se nahaja med Bujami na zahodu in Zrenjem na vzhodu. Severni rob in skoraj celoten južni rob Zrenjskega ravnika obsega ponorni kontaktni kras. Vodotoki pritekajo z eocenskih klastičnih kamnin, na severu s Šavrinskih brd in na jugu z Grožnjanskega hrbita. Ponikajo ob litoloških stikih s

paleocenskimi in krednimi apnenci ter dolomiti. Zakrasele kamnine tvorijo kraški ravniki, ki je razčlenjen s kraškimi kotanjami, vrtačami in udornicami. Na stiku obeh geomorfnihi sistemov so številne reliefne oblike, značilne za kontaktni kras. Kljub temu da gre za eno obsežnejših in pestrejših območij kontaktnega krasa, območje še ni bilo proučeno z geomorfološkega vidika.

V članku predstavljamo rezultate geomorfološke analize ponornega kontaktnega krasa Zrenjskega ravnika. Analizo smo izvedli v dveh korakih. V prvem smo opravili morfografsko, morfostrukturno in morfometrično analizo obravnavanega območja, v drugem pa na podlagi izsledkov postavili morfodinamično interpretacijo kontaktnega krasa in morfogenezo celotnega Zrenjskega ravnika.

Razvoj površja Zrenjskega ravnika smo interpretirali v treh fazah. V prvi fazi je ravniki deloval kot plitvi kras. Vodotoki, ki so pritekali z nezakraselih kamnin s severa, so tekli preko ravnika v smeri Dragonje, Potoka in Mirne. Vodotoki z juga so verjetno ob litološkem stiku odtekali v Potok in Mirno. V drugi fazi se je nivo gladine podzemne vode spustil, površinski vodotoki pa so se antecedentno vrezali v kraško uravnavo; oblikovali so se kanjoni. V tretji fazi razvoja se je spuščanje gladine podzemne vode nadaljevalo. To je vodilo v razpad površinske rečne mreže in pretočitev vodotokov v podzemlje, ki še traja; s tem se je oblikoval ponorni kontaktni kras Zrenjskega ravnika.

## Literatura in viri

- Biondić, R., Petrič, M., Rubinić, J., 2015. Overview of the hydrology. V: Zupan Hajna, N., Ravbar, N., Rubinić, J., Petrič, M. (ur.). Life and water on karst. Monitoring transboundary water resources of Northern Istria. Postojna: Založba ZRC, str. 60–73.
- Ehlen, J., 2004. Canyon. V: Gaudie, A. S. (ur.). Encyclopedia of geomorphology. New York: Routledge, str. 116–116.
- Gams, I., 1959. H geomorfologiji kraškega polja Globodola in okolice. Acta Carsologica, 2, 1, str. 27–65.
- Gams, I., 1962. Slepe doline v Sloveniji. Geografski zbornik, 7, 1, str. 263–306.
- Gams, I., 1985/1986. Kontaktni fluviokras. Acta Carsologica, 14/15, 1, str. 71–87.
- Gams, I., 1995. Types of the contact karst. Studia carsologica, 6, 1, str. 98–116.
- Gams, I., 2001. Notion and forms of contact karst. Acta Carsologica, 30, 2, str. 69–71.
- Gams, I., 2003. Kras v Sloveniji v prostoru in času. Ljubljana: Založba ZRC.
- Gams, I., Kunaver, J., Radinja, D., 1973. Slovenska kraška terminologija. Ljubljana: Katedra za fizično geografijo, Univerza v Ljubljani.
- Geoportal. 2022. URL: <https://geoportal.dgu.hr/> (citirano 14. 5. 2022).
- Gostinčar, P., 2011. Kontaktni kras v Kočevskem Rogu in Kočevski Mali gori. Dela, 35, str. 27–43. DOI: 10.4312/dela.35.27-44.
- Gostinčar, P., 2016. Geomorphological characteristics of karst on contact between limestone and dolomite in Slovenia. PhD thesis. Ljubljana: Univerza v Novi Gorici.



- Habič, P., 1985–1986. Površinska razčlenjenost Dinarskega krasa. *Acta Carsologica*, 14-15, 1, str. 39–58.
- Komac, B., 2004. Dolomitni kras ali fluviokras? *Geografski vestnik*, 1, 76, str. 53–60.
- Komac, B., 2006. Dolec kot značilna oblika dolomitnega površja. Ljubljana: Založba ZRC.
- Kozamernik, E., 2016. Morfogeneza slepe doline Brdanska dana. *Dela*, str. 119–133. DOI: 10.4312/dela.45.119-133.
- Melik, A., 1955. Kraška polja Slovenije v pleistocenu. Ljubljana: SAZU.
- Melik, A., 1961. Fluvialni elementi na krasu. *Geografski zbornik*, 6, 1, str. 333–362.
- Mihevc, A., 1991a. Morfološke značilnosti ponornega kontaktnega krasa v Sloveniji. *Geografski vestnik*, 63, 1, str. 41–50.
- Mihevc, A., 1991b. Morfološke značilnosti ponornega kontaktnega krasa: izbrani primeri s slovenskega krasa. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta.
- Mihevc, A., 1994. Morfološke značilnosti Matarskega podolja. *Annales. Series historia naturalis.*, str. 163–168.
- Novak, D., 1962. Kraške oblike z vodno funkcijo. *Geografski vestnik*, 34, 1, str. 129–132.
- Otoničar, B., 2015. Overview of the geology. V: Zupan Hajna, N., Ravbar, N., Rubinič, J., Petrič, M. (ur.). *Life and water on karst. Monitoring transboundary water resources of Northern Istria*. Postojna: Založba ZRC, str. 43–58.
- Pavlopoulos, K., Evelpidou, N., Vassilopoulos, A., 2009. *Mapping Geomorphological Environments*. Berlin: Springer.
- Pleničar, M., Polšak, A., Sikić, D., 1973. Osnovna geološka karta 1 : 100.000. Tolmač za list Trst L 33-88. Beograd: Zvezni geološki zavod.
- Radinja, D., 1967. Vremenska dolina in Divaški Kras : problematika kraške morfogeneze. *Geografski zbornik*, 10, str. str. 157–269.
- Radinja, D., 1972. Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja. *Geografski zbornik*, 13, 1, str. 197–243.
- Roglič, J., 1957. Zaravni na vapnencima. *Geografski glasnik*, 19, 1, str. 103–134.
- Roglič, J., 1958. Odnos riječne erozije i krškog procesa. V. kongres geografa FNR Jugoslavije, str. 103–134.
- Sauro, U., 2001. Aspects of contact karst in the Venetian Fore-Alps. *Acta Carsologica*, 30, 2, str. 89–102.
- Stepišnik, U., 2009. Active and relict alluvial fans on contact karst of the Vrhpoljska brda hills, Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 49, 2, str. 245-262. DOI: 10.3986/AGS49201.
- Stepišnik, U., 2010. Relict alluvial fans of Matarsko podolje and Vrhpoljska brda, Slovenia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 54, 1, str. 17-29. DOI: 10.1127/0372-8854/2010/0054-0002.
- Stepišnik, U., 2020. Fizična geografija krasa Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete.

- Stepišnik, U., Černuta, L., Ferk, M., Gostinčar, P., 2007. Reliktne vršaji kontaktne-  
ga krasa severozahodnega dela Matarskega podolja. *Dela*, 28, 1, str. 29–42. DOI:  
10.4312/dela.28.29-42.
- Stepišnik, U., Kosce, G., 2011. Modelling of slope processes on karst. *Acta Carsologica*,  
40, 2, str. 267–273. DOI: 10.3986/ac.v40i2.11.
- Žebre, M., Stepišnik, U., 2015. Glaciokarst landforms and processes of the southern  
Dinaric Alps. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40, 11, str. 1493–1505. DOI:  
10.1002/esp.3731.

## PONOR TYPE OF CONTACT KARST ON THE ZRENJ PLATEAU, ISTRIA, CROATIA

### Summary

In this study we geomorphologically investigated the area of the Zrenj Plateau in the northern part of Croatian Istria. The plateau is located between Buje in the west and Zrenj in the east. The northern edge and almost the entire southern edge of the Zrenj Plateau consists of a contact karst of the ponor type. The watercourses flow from Eocene clastic rocks, in the north from the Šavrinska Brda and in the south from the Grožnjanski Hrbet. They flow along lithological contacts with Eocene, Paleocene and Cretaceous limestones and dolomites. The karstified rocks form a corrosion plain interrupted by karst depressions, dolines and collapse dolines. At the interface of the two geomorphologic systems, there are numerous landforms characteristic of contact karst. Although it is one of the most extensive and diverse contact karst areas, the area has not yet been studied from a geomorphological perspective.

This paper presents the results of a geomorphological analysis of the ponor type of contact karst on the Zrenj Plateau. The analysis was carried out in two steps. In the first step a morphographic, morphostructural and morphometric analysis of the area was carried out, and in the second step a morphogenetic and morphodynamic interpretation was made on the basis of the results.

The development of the surface of the Zrenj plateau was interpreted in three phases. In the first phase, the plateau consisted of shallow karst. Watercourses coming from the non-karstified rocks from the north flowed across the plateau towards Dragonja, Potok and Mirna. The watercourses from the south probably flowed into the Potok and the Mirna at the lithological contact. In the second phase, the water table began to drop and surface waters were antecedently cut into the corrosional plain; canyons were formed. In the third phase of development, the lowering of the water table continued. This led to the disintegration of the surface river network and the drainage of watercourses into the subsurface, forming the ponor type of contact karst of the Zrenj Plateau.