

## ПАНОНСКА НИЗИЈА КАО МОРФОСТРУКТУРНА ЈЕДИНИЦА СРБИЈЕ

ЈЕЛЕНА ЋАЛИЋ<sup>1\*</sup>, МАРКО В. МИЛОШЕВИЋ<sup>1</sup>, ТИВАДАР ГАУДЕЊИ<sup>1</sup>,  
ДРАГОЉУБ ШТРЕБАЦ<sup>1</sup>, МИЛОВАН МИЛИВОЈЕВИЋ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Буре Јакишића 9/3, Београд, Србија

**Сажетак:** Диференцијација између појмова „Панонски басен“ и „Панонска низија“ није довољно јасна у географској литератури. У раду се разматра теоријска основа појма низије у геоморфологији, као и један од квантитативних метода за одређивање простирања низија, кроз израчунавање коефицијента храпавости рељефа уз помоћ дигиталног модела висина. Допуну квантитативном методу представља квалитативна анализа, кроз одређивање доминантних геоморфолошких процеса и распрострањање квартарних седимената. Површина на овај начин дефинисане Панонске низије на простору Републике Србије износи 24.448 km<sup>2</sup>, што чини 27,5% укупне државне територије. Рад даје преглед геотектонске структуре и еволуције Система Панонског басена, са нагласком на простор Србије, као и хронологију Панонске седиментационе области Србије од доњег миоцена до данас. У циљу образложења статуса Панонске низије као морфоструктурне јединице Србије, размотрене су теоријске основе појма морфоструктуре, принципи дефинисања њиховог просторног обухвата, те однос према појму геолошке структуре.

**Кључне речи:** Панонски басен, Панонска низија, геоморфологија, коефицијент храпавости рељефа, морфоструктура

### Увод

У домаћој географској литератури често се сусрећу изрази Панонски басен и Панонска низија. Одредница „панонски“ води порекло од назива античке римске провинције Паноније, која је постојала у оквиру Римског царства у периоду од I до IV века. Провинција је обухватала област западно од тока Дунава, северно од тока Саве, до Бечког и Штајерског басена на северу и западу. У геолошку литературу ова одредница је уведена у другој половини 19. века, када је Róth von Telegd (Róth, 1879; Róth von Telegd, 1879) у стратиграфији дефинисао постојање Панонског ката.

Данас, тачан просторни обухват географских целина Панонски басен и/или Панонска низија није универзално прихваћен. Најчешћа тумачења могуће је сврстати у две групе: аутори који за јужну границу басена/низије сматрају токове Саве и Дунава (нпр. Марковић et al., 2002; Sümegi et al., 2011), те аутори који за јужу (горњу висинску) границу низије узимају одређену изохипсу, најчешће од 150 или 200 m (нпр. Марковић, 1970).

Осим проблема просторног обухвата, у литератури обично нема јасно дефинисане разлике између појмова „басена“ и „низије“, већ се појављују

---

E-mail: [j.calic@gi.sanu.ac.rs](mailto:j.calic@gi.sanu.ac.rs)

Рад представља резултате истраживања пројекта 47007, којег финансира Министарство просвете и науке Р. Србије.

наизменично и недоследно. У овом раду се појам „басен“ користи у структурно-геолошком контексту (за простор са доминантним спуштањем блокова), те у палеогеографском, тј. седиментолошком контексту (водена средина у којој се одвија таложње седимената). У садашњем регионално-географском и геоморфолошком контексту у раду користимо термин „низија“.

Обзиром да је циљ овог рада образложити статус Панонске низије као морфоструктурне јединице Србије, наводимо укратко и основне теоријске поставке појма морфоструктуре. Према дефиницији Герасимова (1946, цитирано у: Baker 2007, Demek et al., 2007, 2009, итд), морфоструктуре су рељефне целине настале комбинацијом тектонске активности и егзогених процеса. Према величини, различите морфоструктуре стоје у хијерархијском односу, од мега-морфоструктура (облици видљиви у континенталним размерама) до микро-морфоструктура (на пример, појединачни хорст, или речна долина развијена дуж раседа; Baker 2007). Морфоструктурна анализа открива комплексну интеракцију између дуготрајних ендогених процеса и процеса који се одвијају на топографској површини (Goudie, 2003).

### Појам низије

Значење појма низије сматра се одавно познатим. Један од појмова који се често употребљава за низију мање површине је *равница*. У табели 1. дате су дефиниције низије и равнице које се налазе у српској уџбеничкој литератури (уџбеницима геоморфологије, физичке географије, географским речницима, итд). Анализом приложених материјала не може се закључити ком морфогенетском типу припадају низије односно равнице. Тачније, понуђени садржаји више указују да се појмови низија и равница користе у контексту атрибута односно описивања особина посматраног рељефа.

Табела 1: Дефиниције појмова низија и равница у српској литератури.

појам	дефиниција	аутор
РАВНИЦЕ	пространи заравњени или незнатно заталасани делови копна, чија је површина обично благо нагнута у једном правцу.	Ракићевић (1991)
НИЗИЈА / НИЗИНА	равничарски део копна значајног простирања, смештен на надморској висини до 200 m.	Мастило (2001)
РАВНИЦА / РАВНИНА	облик рељефа Земљине површине који се карактерише малим нагибима и незнатним колебањима висина.	Мастило (2001)
НИЗИЈА	пространи и уравњени делови Земљине површине, са малим висинским разликама.	Анђелић (1990)
РАВНИЦА	мање низије у рељефу Земљине површине.	Анђелић (1990)
НИЗИЈА	пространи и уравњени делови Земљине површине, који се одликују малим апсолутним и релативним висинама.	Петровић (1977)
РАВНИЦЕ	мање низије у рељефу Земљине површине.	Петровић (1977)
РАВНИЦА	структурна површ, коју граде хоризонтални слојеви.	Марковић и сар. (2003)

У литератури на енглеском језику, израз *plain*, који најприближније одговара термину *низија*, користи се највише у топонимији, као и у регионалним сегментима геонаука. На жалост, у уџбеницима, стручним речницима и енциклопедијама, појам је недовољно дефинисан. Већина дефиниција је описног карактера, без елемената генезе: „пространа површина заравњеног или благо заталасаног рељефа, најчешће на малим надморским висинама“ (Mooge, 1972); „велика површина равног или готово равног рељефа“ (The Columbia Enc., 2007), „релативно заравњен простор на Земљиној површини са малим нагибима и малом дисекцијом“ (Britannica Enc., 2008). У појединачним научним радовима, аутори често заобилазе разматрања низија као мега-облика рељефа, усредсређујући се на друге, мање облике у оквиру низија (Guzzetti et al., 1997; Panin et al., 1999). Наведене дефиниције и тумачења углавном се ослањају на физиографски приступ, док су примери квантитативног приступа веома ретки. Позитиван изузетак је Hammond (1954), који уводи квантитативну анализу по јединици површине, наглашавајући да ситноразмерно представљање рељефа мора првенствено да нагласи *површине*, а не појединачне облике. Према овом аутору, простори који имају преко 80% заравњеног рељефа са вертикалном разликом мањом од 33 m представљају низије. Приступ Hammonda био је зачетак геоморфометријских анализа, и у оквиру њих, појма храпавости рељефа (висинских разлика у јединици површине), који су касније разрађивали и Hobson, 1972; Perko, 2001; Hrvatin & Perko, 2009, итд.

Из предходне анализе дефиниција може се закључити да у највећем броју случајева низије као облик рељефа нису морфогенетски детерминисане, тј. изостају одреднице о условима настанка. Иза квантитативних карактеристика низија стоје и одређене квалитативне карактеристике, што потврђује и Hammond (1954, стр. 35), ставом да је „квантитативна анализа алат а не сама себи циљ”.

Ако у дефинисање низије укључимо барем оквирну генетску назнаку, можемо сматрати да је низија заравњена топографска површина чије је формирање условљено геотектонским процесима и акумулацијом седимената, са метарским денивелацијама егзогеног порекла.

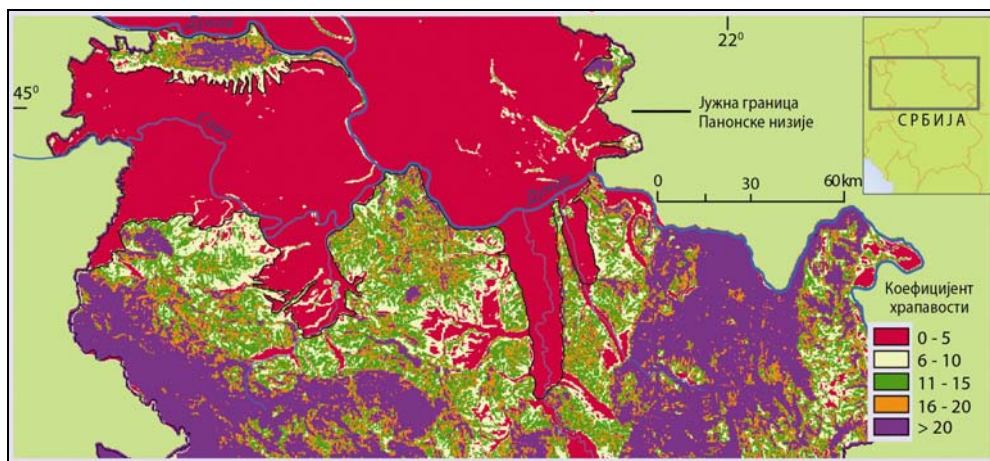
### Простирање Панонске низије у Србији

У циљу добијања егзактне и објективне просторне дефиниције обухвата Панонске низије у Србији, аутори Čalić et al. (2012) применили су метод геоморфометријске анализе (коришћењем програмског пакета *Idrisi Andes™*), у комбинацији са квалитативном геоморфолошком анализом и анализом простирања појединих геолошких формација.

У оквиру геоморфометријске анализе, основни подаци за дигитални модел висина терена добијени су из базе SRTM са резолуцијом од 90 m. Тачност ових података за територију Србије анализирали су Самарџић и Миленковић (2010), утврдивши да одговарају дигиталним моделима висина добијеним дигитализацијом изохипси са топографских карата у размери 1:50.000, што је задовољавајућа тачност у проучавању макро облика рељефа. За потребе геоморфометријског утврђивања простирања Панонске низије (Čalić et al., 2012), резолуција SRTM података смањена је са 90 m на 200 m. У овако добијеном дигиталном моделу висина урађено је просторно филтрирање. Гридне ћелије груписане су у квадратне прозоре величине 5 x 5 ћелија, ради рачунања просечне надморске висине унутар прозора. За сваку ћелију израчуната је разлика њене висине у односу на просечну висину у оквиру прозора, а централној ћелији прозора додељена је стандардна девијација висинских разлика свих 25 ћелија у прозору. Пропуштањем прозора кроз дигитални модел висина, за сваку ћелију у моделу израчуната је стандардна девијација, која осликава њен висински

однос према ћелијама из непосредног просторног окружења. Вредност стандардне девијације означена је као коефицијент храпавости рељефа.

У циљу утврђивања границе Панонске низије, геоморфометријска анализа употпуњена је квалитативним анализама активних геоморфолошких процеса (и резултирајућих облика) и простирања геолошких формација. Утврђено је да се акумулативни облици флувијалног рељефа (алувијалне равни) и еолског рељефа (пешчаре) јављају у областима са коефицијентом храпавости од 0 до 5. За исти распон коефицијената карактеристично је простирање искључиво квартарних седимената на топографској површини (Савезни геолошки завод, 1970), што је у складу са процесима флувијалне и еолске акумулације. Комбинацијом наведених метода утврђено је да се простори са коефицијентима храпавости од 0 до 5 могу сматрати за просторе низијског рељефа, тј. у овом случају за простор Панонске низије. Карта коефицијената храпавости рељефа у зони јужне границе Панонске низије у Србији дата је на слици 1. С обзиром да је у анализи коришћено јединично поље димензија 200 x 200 m, граница низије просторно представља појас. У ситној размери, услед малог нивоа детаљности, граница се може условно сматрати линијом.



Слика 1. Карта коефицијената храпавости рељефа у северном делу Србије

Површина на овај начин дефинисане Панонске низије на простору Републике Србије износи 24.448 km<sup>2</sup>, што чини 27,5% укупне државне територије. Овај простор омеђен је природном и административном (државном) границом. Са источне, северне и западне стране, територијална целина Панонска низија омеђена је државном границом Србије према Румунији, Мађарској, Хрватској и Босни и Херцеговини. Према југу, као и око Фрушке горе и Вршачких планина, граница Панонске низије има карактер природне границе, која је дефинисана посредством коефицијента храпавости рељефа. Укупна дужина природне границе износи 844,8 km. У смеру запад-исток, јужна граница низије полази од државне границе са Босном и Херцеговином захваћајући доњи ток Дрине све до Лознице на југу. Граница даље наставља дуж западног и северног обода Поцерине да би се код насеља Прова везала за ток Саве. Потом обухвата доњи ток Колубаре и даље наставља у правцу истока дуж токова Саве и Дунава, са мањим одступањима, све до Смедерева. Даље ка истоку, граница обухвата доње токове Велике Мораве (сеже узводно до Лапова) и Млаве (до насеља Рашанац), да би се код насеља Рам везала за државну границу Србије према

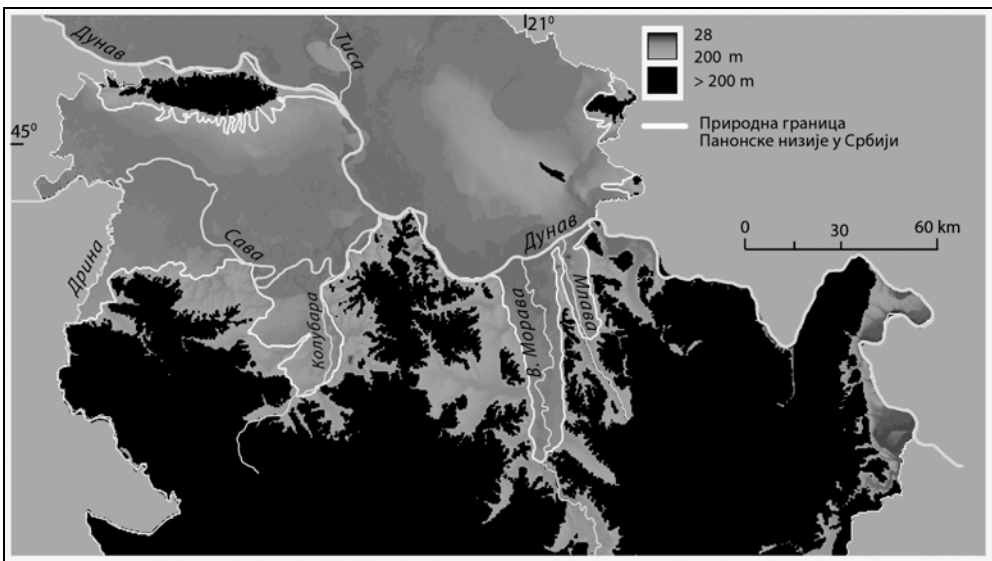
Румунији. Надморска висина топографске површине се креће у интервалу од 68,5 m до 155,0 m надморске висине, у просеку 83,5 m.

Мање површине са коефицијентом храпавости 0-5, углавном линеарног карактера, јављају се и ван дефинисаних граница низије. То су алувијалне равни мањих речних токова, које се налазе у зонама дисецираног рељефа. Постојање ових заравњених површина је искључиви резултат егзогеног процеса, без структурних предиспозиција регионалног карактера, те у том смислу не одговара дефиницији низије. Исто важи и за појаве квартарних седимената ван граница низије. Са друге стране, иако је старост шљунака и песковитих глина у доњем току Колубаре означена као плио-квартарна (Филиповић и сар., 1976), њихов положај на лито-стратиграфском стубу, као и недавне званичне корекције геохронолошке скале квартара (Gibbard et al., 2010) указују више на квартарну (доњеплеистоценску) него на неогену (плиоценску) старост.

Фрушка Гора, која је тектонски издигнут блок Вардарске зоне (хорст), као и Вршачке планине (издигнут блок Српско-македонске масе) издвојени су из простора низије и представљају засебне позитивне морфоструктуре.

На простору Делиблатске пешчаре вредности коефицијената храпавости прелазе 5, због појаве типичног динског рељефа. Обзиром на чињеницу да је храпавост у овом случају искључива последица егзогеног процеса (еолска акумулација), док су структурне и палеогеографске одлике једнаке као у околини пешчаре, тај простор се третира као саставни део Панонске низије.

Панонска низија на територији Србије представља јединствену морфолошку целину са Великом угарском низијом (Алфелдом - *Alföld; Great Hungarian Plain*). Може се претпоставити да су административне околности узрок што ова два простора никад нису носила јединствени топоним, иако се њихова геоморфолошка целовитост не може оспорити. На геоморфолошку целовитост овог простора указивао је пре више од 100 година мађарски географ Cholnoky (1910), наглашавајући да ће „одређивање јужне границе низије бити задатак колега из Србије“ (Cholnoky, 1910, стр. 420).



Слика 2. Различите интерпретације јужне границе Панонске низије у Србији (реке Сава и Дунав, изохипса од 200 m, те линија добијена геоморфметријском и геоморфолошком анализом)



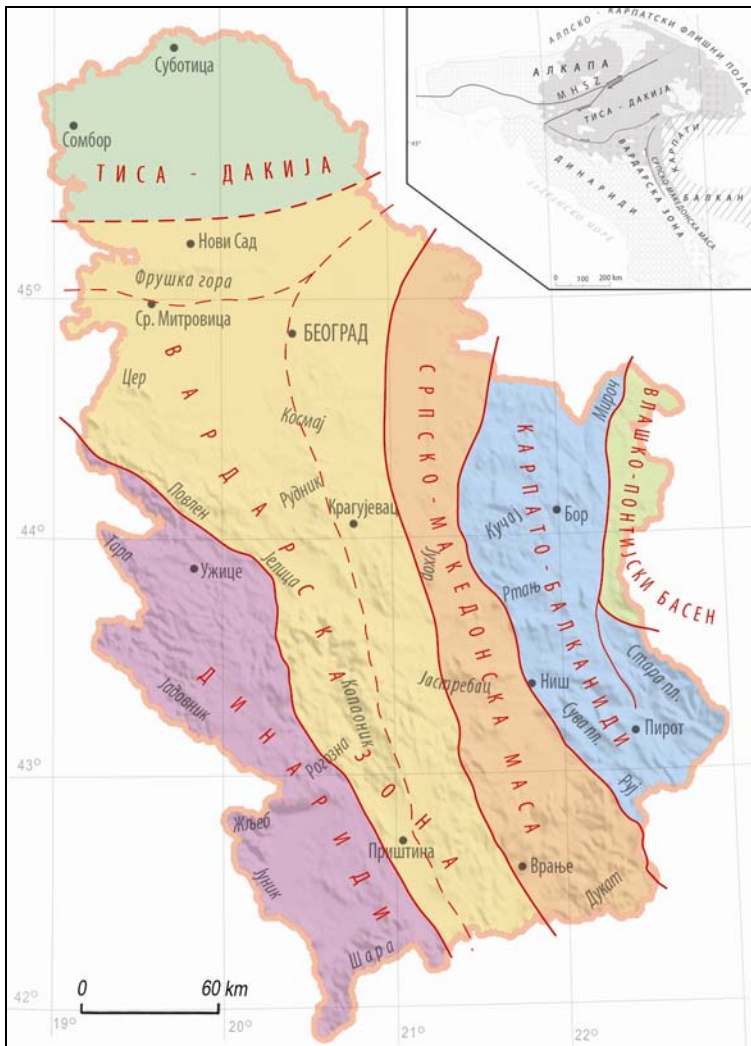
Слика 3. Територијално простирање Панонске низије у Србији.

Просторном анализом Панонске низије, поред хомогене морфолошке структуре, може се увидети и хетерогена биогеоценолошка, антрополошка и етно-културна структура. То је утицало на формирање две доминантне групе у дефинисању јужне границе Панонске низије (слика 2). Једна група аутора за јужну границу сматра токове Саве и Дунава (Haas et al., 2001; Marović et al., 2002; Sümegei et al., 2011). Ови хидрографски објекти су током два миленијума представљали зону етничке, културне, политичке и социоекономске дивергенције, што је за последицу имало урастање те линије у културни пејсаж. Другу групу чине аутори који сматрају да се граница Панонске низије простира јужно од Саве и Дунава. Међутим, они или не наводе критеријуме разграничења (Cholnoky, 1910, Родић и Павловић, 1994) или узимају изохипсу од 150 односно 200 m н.в. као релевантан критеријум (Марковић, 1970). Марковић (1970) наводи „граница између низије и обода Панонског басена на око 150 m надморске висине је оријентациона, јер у оквиру низије има знатно вишег земљишта од 150 m, као што на ободу има терена са мањом од означене висине”.

Овакво сагледавање границе могло би се тумачити као последица регионално-географског, а не геоморфолошког приступа.

### Геотектонска структура Панонске низије

Целина Панонског басена, у структурно-геолошком контексту, састоји се од више јединица - терана, који чине подлогу касније исталоженим седиментним серијама. Северозападно од тзв. Средње-мађарске раседне зоне (*MHSZ*) налази се блок *ALCAPA* (сложеница за Алпско-карпатско-панонски блок), а југоисточно блок Тиса-Дакија (Dombradi et al., 2010) (слика 4, инсет). У јужном и југоисточном делу у састав улазе и Вардарска зона и Српско-македонска маса (Димитријевић, 1992).



Слика 4. Структурно-геолошке целине Србије, према Димитријевићу (1992). Инсет: Структурно-геолошке јединице Система Панонског басена и околине, са простирањем неогених седимената (састављено према подацима аутора: Haas et al., 2001; Royden & Horváth, 1988; Fodor et al., 1999; Dombrádi et al., 2010; Dimitrijević, 1992)

Почеци тектонског спуштања (тоњења) великих сегмената ових блокова и формирања басена у оквиру Алпске орогене зоне везана су за доњи миоцен. Колизација Јадранске микро-плоче и европског континента изазвала је формирање залучног басена (*back-arc basin*; Bada et al., 1999), за који су својствене силе екстензије, те спуштање блокова. Плиоцен и квартар карактеришу се ротацијом Јадранске микро-плоче (обрнуто од смера казаљке на сату), што изазива компресију и диференцијалне вертикалне покрете, те тако додатно усложњава тектонски склоп овог простора. Из тог разлога Royden et al. (1983) уводе појам Систем Панонског басена, који се од тада често користи у литератури у контексту наглашавања комплексне геотектонске грађе панонске области. Поједини делови Система Панонског басена су још од доњег миоцена били изложени константном тектонском спуштању и данас су испуњени дебелим слојевима седимената (Bada et al., 2006). Један од таквих простора је и крајњи југоисточни део басена, који се налази на територији Србије. У подлози седимената на овом простору налазе се три структурне јединице: блок Тиса-Дакија, Вардарска зона и Српско-македонска маса. Северни део Српско-македонске масе био је изложен миоценим покретима екстензије (Psilovikos, 1984), и тако постао део Панонског басена.

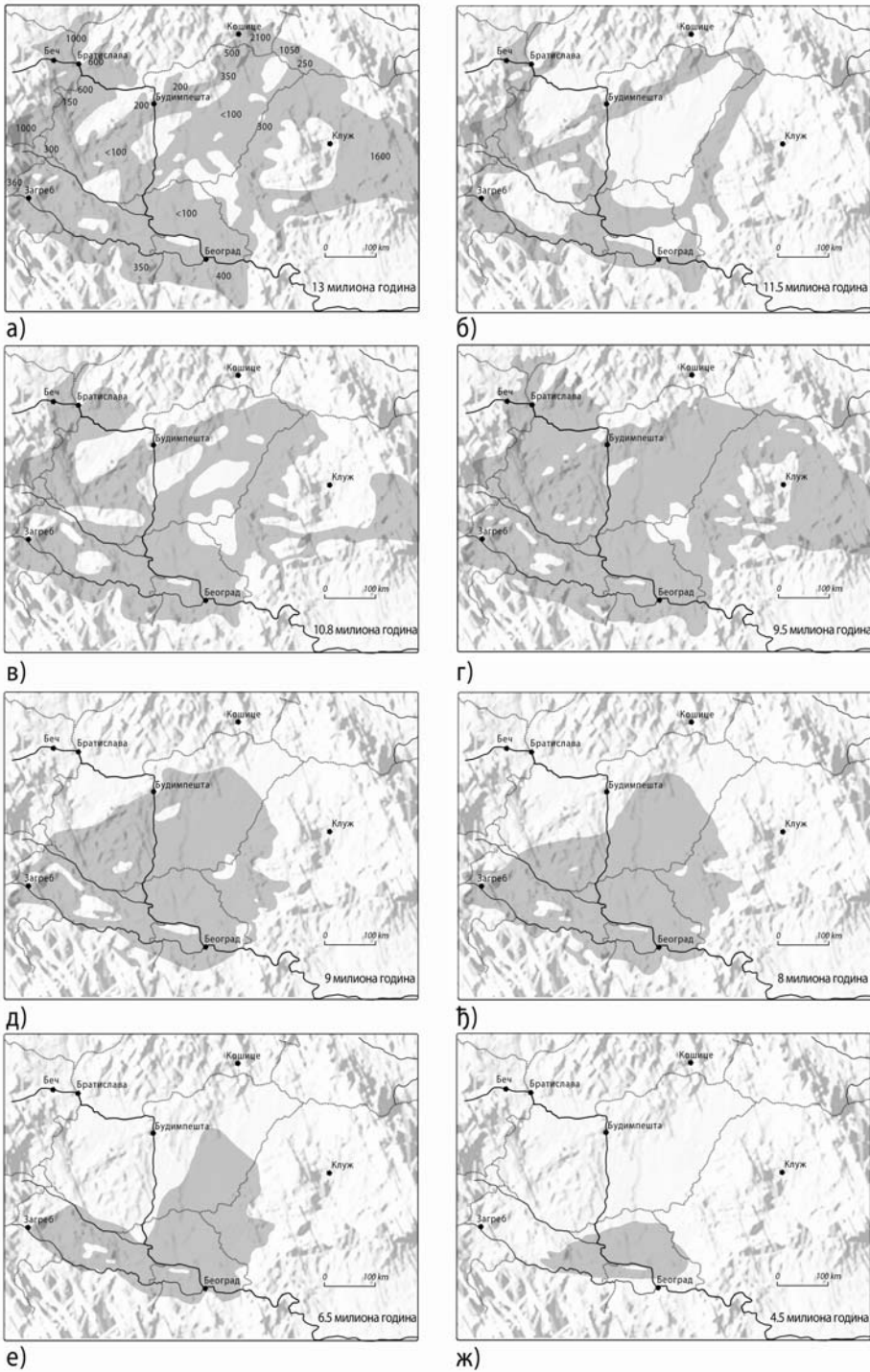
Спуштени блокови Српско-македонске масе прекривени су седиментима, док је хост Вршачких планина њен најсевернији изданак на површини. Најсевернији изданак Вардарске зоне је хорст Фрушке горе. Дравски ров, који одваја Вардарску зону од блока Тиса-Дакија (Prelogović et al., 1997) није морфолошки видљив на простору Панонске низије у Србији (Вукашиновић, 1973).

Анализом природне границе низије увиђа се њена знатна разуђеност. Овај показатељ указује да осим Панонског басена, као доминантне геолошке структуре, треба указати и на значај појединих геолошких субструктура - ровова, хорстова и депресија. На просторима ровова и депресија развијен је типски низијски рељеф. Моравски ров, као и ровови Млаве и Колубаре допринели су простирању низије јужно од Саве и Дунава. Савски ров (познат и као Сремско-Славонски ров; Magović et al., 2007) и Мачвански ров проширују границу низије према западу и југозападу. У рељефу Панонске низије детектоване су Крњешевска, Алибунарска, Итебејска и Јужно-бачка депресија (Менковић и сар., 2003; Зеремски, 1990). Морфологија ових депресија није утицала на границу низије, већ само на режим подземних и површинских вода, који је условљен локалном топографијом. За разлику од ровова и депресија, хорстови нарушавају хомогеност морфоструктуре Панонске низије, те тако хорстови Фрушке горе на западу и Вршачких планина на истоку нису њени саставни делови.

### **Палеогеографска еволуција простора Панонске низије**

Светско море Тетис, које је током мезозоица раздвајало два континента Лауразију и Гондвану, услед интензивне тектонске активности распало се на два дела. Из ранијег Тетиса ставрају се две морске области: Паратетис и Медитеран. Током свог постојања Паратетис је више пута био повезан мореузима са светским морем. У тим фазама на појединим деловима Паратетиса долазило је до пада салинитета. Најстарија фаза Паратетиса обухвата доњи миоцен, док млађа обухвата средњи миоцен (баден и сармат). Током средњег миоцена на територији Србије акваторија Паратетиса одликовала се морском (баден) и бракичном (сармат) средином и популарно је именована као „Панонско море”.





Слика 5. Палеогеографска еволуција Панонског језера (према: Magyar et al., 1999)

Јединствена морска акваторија Паратетиса постојала је приближно до краја сармата, када се издизањем Алпа, Карпата, Балканида и Динарида Паратетис цепа на Западни, Средишњи и Источни Паратетис. Западни Паратетис обухвата алпску седиментациону област, која се налазила западно од Источних Алпа. Средишњи Паратетис обухватао је Бечки, Штајерски, Панонски и Трансилванијски басен и првенствено се налазио унутар венаца Карпата и Источних Алпа и северно од Динарида (слика 5). Источни Паратетис је обухватао седиментационе области источно од Карпата; Дакијски, Црноморски, Каспијски и Аралски басен (Müller et al., 1999).

На простору Србије утврђено је присуство панонске и дакијске седиментационе области. Западно од Карпатско-балканског копна простирани су се јужни делови панонске седиментационе области. У северним деловима Србије акваторија је била јединствена, док су у јужним ободним деловима били заступљени повремено повезани језерски басени (Анджелковић, 1991).

Унутар седиментационе зоне Средишњег Паратетиса, услед запуњавања и тектонских покрета, почеком горњег миоцена (панонског ката), формирало се Панонско језеро (11,6 мил. год.) (Rundić et al. 2011). Језеро није имало јединствен овални облик, већ је више личило на басенски комплекс језера. У неким фазама развоја постојала је веза са Бечким и Трансилванијским басенима (Kázmér, 1990; Müller et al., 1999; Magyar et al. 1999, Harzhauser & Mandić, 2008).

У ранијој литератури на српском језику, под називом „Панонско море” подразумевао се временски оквир од почетка миоцена до краја понтијског ката (нпр. Stevanović, 1959, 1977, 1978). Међутим, новији подаци указују да је морска и морско-бракична средина била карактеристична за Паратетис средњег миоцена (баден и сармат). Доњомиоценски Паратетис у овом случају описује се као најстарији Паратетис. Због утврђење каспибракичне средине и ендемизма фауне на простору Србије, исправно би било коришћење назива Панонско језеро (*Lake Pannon*) (нпр. Rundić et al., 2011), а не „море”.

Првенствено због запуњавања седиментима из правца северозапада, североистока и запада дошло је до регресије обале Панонског језера после понта, почетком плиоцена (Stevanović, 1959, 1978).

Почетком плиоцена (око 4,5 мил. год. према Magyar et al., 1999; Popov et al., 2006) у најдубљим деловима Панонске седиментационе области формирало се слатководно Палудинско језеро<sup>1</sup>. Палудинско језеро је при највећем развићу обухватало већи део простора Славоније и Војводине, а име је добило по старом називу слатководног пужа *Paludina* (садашњи назив је *Viviparus*). На основу еволуције *Viviparus*-а палеонтолози су утврдили три главне фације развоја Палудинског језера, који се називају Палудинским слојевима (Neumaug & Paul, 1875). Нестанак Палудинског језера везује се за доњи плеистоцен. Након нестанка Палудинског језера створили су се услови за формирање иницијалног рељефа Панонске низије и динамичније развиће пратокова (табела 2).

Развићем речних система пратокова, претеча Дунава, Тисе, Тамиша и Саве, стварају се дебеле наслагe флувијалних седимената. На другим местима до изражаја долази еолска седиментација, под утицајем доминантних северозападних и југоисточних ветрова, која запуњава и нека мочварана подручја и меандре. Плеистоценска клима условила је стварање лесних серија у виду заравни на неплављеним подручјима Панонске низије. Савремена морфолошко-хидролошка обележја формирана су током холоцена. Последњи еволутивни стадијум означавају

<sup>1</sup> Према ауторима из Аустрије (нпр. Harzhauser & Mandić, 2008), постојао је временски дисконтинуитет између Панонског и Палудинског језера (копнена фаза), док аутори из Мађарске заступају гледиште постојања континуитета водене средине, што значи да је Палудинско језеро реликт Панонског језера (нпр. Magyar et al., 1999).

мелиоративни радови, почевши од краја 18. века, првенствено на подручју Баната и Бачке. Овим захватима значајано је измењен режим подземних и површинских вода а тиме и карактер средине.

Табела 2. Хронологија Панонске седиментационе области Србије

палеогеографска област	тип средине	преовлађујући седименти	стратиграфија	Старост (Ma)
Панонска низија	копнена	еолски и речни седименти	Квартар (без најстаријег дела доњег квартара)	~ 2.0 до данас
Палудинско језеро	језерско (слатководна) – копнена	језерски седименти (палудински слојеви)	средњи плиоцен до дела доњег квартара	~4.5 до ~ 2.0
Панонско језеро	језерско (каспибракична) – копнена	језерски седименти	горњи миоцен (укључујући и понт)	~11.6 до ~ 4.5
Паратетис „Панонско море”	морска и морско–бракична	морски седименти	средњи миоцен (баден и сармат)	~16.3 до ~11.6
Паратетис	копнено-језерска (и морска)	континентално – језерски седименти	Доњи миоцен	~ 23 до ~16.3

### Панонска низија као морфоструктура

Оно што је заједничко за већину аутора из Србије (Зеремски, 1973,1991; Милић, 1976; Марковић, 1970) је да Панонску низију не доживљавају као структуру која има хомогену морфологију, већ прибегавају њеној томизацији, сагледавајући само индивидуалне суб-геоструктуре, тј. геотектонске структуре нижег реда (нпр. депресије и ровове). Зеремски (1973) овај простор сагледава као трилатералну морфолошку структуру састављену од „акумулативне низије међупланинских басена”, „акумулативне низијске равнице” и „акумулативне равнице међупланинских потолина” (Зеремски, 1973; Милић, 1976). Доследна примена овог принципа види се и код Геоморфолошке (морфоструктурне) карте Србије (Зеремски, 1990), где је исти аутор представио простор Панонске низије као „конгломерат” депресија, ровова, потолина, итд.

Начини детерминисања граница морфоструктура могу се поделити у две групе:

- Морфоструктуре су топографски израз геолошких структура и границе им се поклапају;
- Морфоструктуре су доминантно предиспониране геолошким структурама, али уједно имају и својствену морфолошку индивидуалност, која им одређује границе, тј. обим простирања.

Прва група подразумева да границе различитих геолошких структура имају одговарајући одраз на топографској површини. Овакво размишљање налазимо код Зеремског (1991, 16) који између осталог каже да „морфоструктуре представљају тектонске облике то значи да се њихова појава у рељефу треба да поклапа са одговарајућим карактером и распрострањењем геолошких формација“. Ипак, ситуација да се границе морфоструктура и геолошких структура поклапају је могућа али не и условљавајућа. Овај принцип се стога не може третирати као правило, већ само као један од случајева.

Друга група укључује и примере у којима границе морфоструктуре могу бити шире или уже од граница геолошких структура које су је предиспонирале, уколико је

морфоструктура као целина индивидуалисана одвијањем одређених геоморфолошких процеса. Ово тумачење је конципирано на примарно морфолошком принципу.

Пример оваквог приступа налазимо код Minár et al. (2011), а у раду Čalić et al. (2012) овакво схватање морфоструктуре примењено је на примеру Панонске низије. Поменути аутори у први план стављају облик рељефа који је последица геолошке структуре, а не саму геолошку структуру.

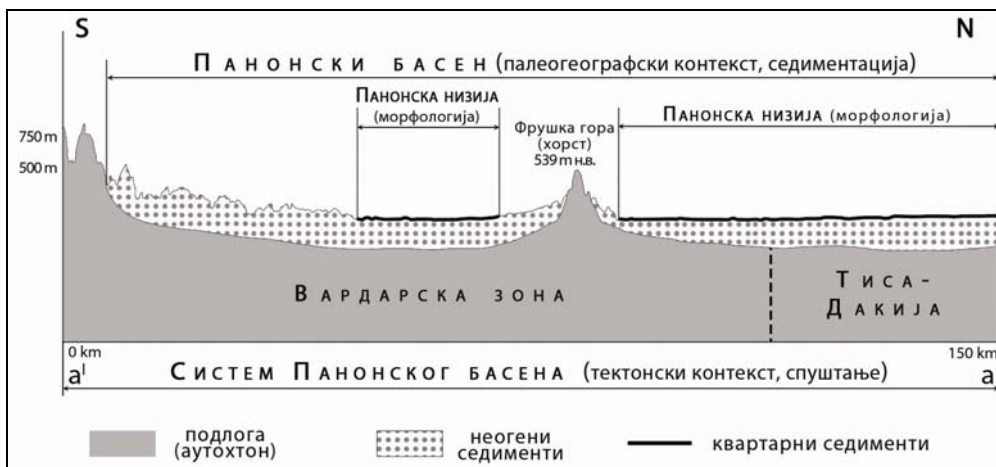
Према квантитативним и квалитативним показатељима приказаним од стране Čalić et al. (2012), као и у овом раду, Панонска низија као целина представља јединствену морфоструктурну јединицу у оквиру Србије. Тачан просторни обухват ове морфоструктуре јужно од Саве и Дунава одређен је истим показатељима који су присутни и северно од токова ових река.



Слика 6. Схематски профил Моравског рова (дебљина седимената према: Курбалија, 1982; цитирано у: Marović et al., 2007)

Иако је појам морфоструктуре неодвојив од појма геолошке структуре, због јасног генетског односа, диференцијацију између ових појмова и њиховог простирања могуће је објаснити на примеру Моравског рова (слика 6). Унутар геолошке структуре Моравског рова исталожени су седименти на којима се развија низијски рељеф, те због тога низијски простор унутар Моравског рова представља целину са севернијим низијским простором, чинећи део Панонске низије у Србији.

Разлика између просторног обухвата геолошке структуре (Систем Панонског басена) и морфоструктуре (Панонска низија) приказана је и на слици 7. Преко овог примера се указује и на неопходне разлике у коришћењу појмова „басен“ и „низија“. Појам „басен“ оправдано је користити у структурно-геолошком и палеогеографском (седиментолошком) контексту, док је у студијама рецентне геоморфологије и географске регионализације прикладнији појам „низија“.



Слика 7. Схематски профил басена и низије:  
термин „басен“ везан је за тектонику и седиментацију, а термин „низија“ за геоморфолошке особине

## Захвалност

Аутори захваљују проф. др Љупку Рундићу са Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на корисним сугестијама приликом израде рада.

## Литература

- Анђелић, М. (1990). *Геоморфологија*. Београд: Војногеографски институт, 276 стр.
- Анђелковић, М. (Ур.) (1991). *Палеогеографија Србије – Терцијар*. Београд: Институт за регионалну геологију и палеонтологију, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду.
- Вукашиновић, С. (1973). О потреби усаглашавања морфоструктурне поделе Југославије са најновијим сазнањима о геотектонском склопу наше територије. *Гласник Српског географског друштва*, 53(2), 15-25.
- Герасимов, И. П. (1946). *Опит геоморфологической интерпретации общей схемы геологического строения СССР*. Москва.
- Димитријевић, М. (1992). *Геолошки атлас Србије 1:2.000.000*. Београд.
- Зеремски, М. (1973). Морфоструктурна подела рељефа Југославије сагласна новој геотектонској подели. *Гласник Српског географског друштва*, 53(1), 27-33.
- Зеремски, М. (1984). Типови морфоструктура у рељефу Западне Србије. *Гласник Српског географског друштва*, 64(1), 9-21.
- Зеремски, М. (1990). *Србија. Геоморфолошка (морфоструктурна) карта*. Београд: Географски институт „Јован Цвијић“ и Одбор за геодинамику Српске академије наука и уметности.
- Зеремски, М. (1991). Нов поглед на тектонски рељеф Србије. *Гласник Српског географског друштва*, 71(1), 15-20.
- Марковић, Ј.Ђ. (1970). *Регионална географија СФРЈ*. Београд: Грађевинска књига.
- Марковић, М., Павловић, Р., Чупковић, Т. (2003). *Геоморфологија*. Београд: Завод за уџбенике.
- Мастило, Н. (2001). *Речник савремене српске географске терминологије*. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
- Менковић, Љ., Кошћал, М., Мијатовић, М. (2003). Геоморфолошка карта Србије. Београд:
- Милић, Ч.С. (1976). Основне црте тектонског рељефа Србије. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“ САНУ* 28, 1-24.
- Петровић, Д. (1977). *Геоморфологија*. Београд: Грађевинска књига.
- Ракићевић Т. (1991). *Општа физичка географија*. Београд: Научна књига.
- Родић, Д., Павловић, М. (1994). *Географија Југославије*. Београд: Савремена администрација, 214 стр.
- Самарић, М., Миленковић, М. (2010). Shuttle Radar Topography Mission – доступност података и остварена тачност. *Гласник Српског географског друштва*, 90(1), 51-72.
- Савезни геолошки завод (1970). *Геолошка карта СФРЈ 1:500.000*. Београд.

- Стевановић, П. (1977). Квартар. У: Петковић, К. (Ур.): *Геологија Србије II – 3, Стратиграфија*. Институт за регионалну геологију и палеонтологију. Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, 357-418.
- Филиповић, И., Родин, В., Павловић, З., Марковић, Б., Милићевић, В., Атин, Б. (1976). *Тумач Основне геолошке карте СФРЈ 1:100.000, лист Обреновац*. Београд: Савезни геолошки завод.
- Bada, G., Horváth, F., Fejes, I. & Gerner, P. (1999). Review of the present-day geodynamics of the Pannonian basin: progress and problems. *Journal of Geodynamics* 27, 501-527.
- Bada, G., Horváth, F., Tóth, L., Fodor, L., Timár, G. & Cloetingh, S. (2006). Societal aspects of ongoing deformation in the Pannonian region. In: Pinter, N., Grencerczy, G., Weber, J., Stein, S., Medak, D. (Eds): *The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards*. NATO Science Series, IV. Earth and Environmental Sciences, 61, 385-402, Springer.
- Baker, V. (2007). *The nature of geomorphology. Introduction - regional landforms analysis*. Available at: ([http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/geomorphology/GEO\\_1/GEO\\_CHAPTER\\_1.shtml](http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/geomorphology/GEO_1/GEO_CHAPTER_1.shtml))
- Báldi, T. (1980). The early history of the Paratethys. *Földtani Közlöny (Bulletin of the Hungarian Geological Society)* 110 (3-4), 456-472.
- Britannica Concise Encyclopedia. Copyright 1994-2008 Encyclopædia Britannica, Inc. (accessed on August 24th 2011 through <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/462703/plain>)
- Čalić, J., Gaudenyi, T., Milošević, M.V., Štrbac, D. & Milivojević, M. (2012). Geomorphometrical method for delineation of plains - case study of the south-eastern (Serbian) segment of the Pannonian plain. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7 (2), 239-248.
- Cholnoky, J. (1910). Az Alföld felszíne (The surface of the Great Hungarian Plain). *Földrajzi Közlemények XXXVIII* (10), 413-436. (in Hungarian).
- Demek, J., Kirchner, K., Mackovčín, P., Slavik, P. (2007). The map of morphostructures of the Czech Republic. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica* 1, 5-14.
- Demek, J., Kirchner, K., Mackovčín, P., Slavik, P. (2009). Morphostructures on the Territory of the Czech Republic (Europe). *Z. Geomorph. N.F.* 53, Suppl. 2, 1-10.
- Dombrádi, E., Sokoutis, D., Bada, G., Cloetingh, S. & Horváth, F. (2010). Modelling recent deformation of the Pannonian lithosphere: Lithospheric folding and tectonic topography, *Tectonophysics* 484(1-4), 103-118.
- Fodor, L., Csontos, L., Bada, G., Györfi, I., & Benkovics L. (1999). Tertiary tectonic evolution of the Pannonian Basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of palaeostress data. *Geological Society, London, Special Publications* 156, 295-334.
- Gibbard, P.L., Head, M.J., Walker, M.J.C. and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (2010). Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science* 25, 96-102.
- Goudie, A.S. (Ed.) (2003). *Encyclopedia of Geomorphology*. Vol. 1, A-I, p. 664.
- Guzzetti, F., Marchetti, M., & Reichenbach, P. (1997). Large alluvial fans in the north-central Po Plain (Northern Italy). *Geomorphology*, 118, 119-136.
- Haas, J., Hámor, G., Jámbor, Á., Kovács, S., Nagymarosy, A., & Szederkényi, T. (2001). *Geology of Hungary*. Budapest: Eötvös University Press, 317 pp.
- Hammond, E. H. (1954). Small-scale continental landform maps. *Annals of the Association of American Geographers*, 44 (1), 33-42.
- Harzhauser, M. & Mandic, O. (2008). Neogene lake systems of the Central and South-Eastern Europe: Faunal diversity, gradients and interrelations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 260, 417-434.
- Hobson, R.D. (1972). Surface roughness in topography. In: Chorley, R.L. (Ed.): *Spatial Analysis in Geomorphology*. London: British Geomorphological Research Group, 392 p.
- Hrvatín, M. & Perko, D. (2009). Suitability of Hammond's method for determining landform units in Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 49(2), 343-366.
- Kázmér, M. (1990). Birth, life and death of the Pannonian Lake. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 79, 171-188.
- Magyar, I., Geary, D.H. and Müller, P. (1999). Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 147, 151-167.
- Marović, M., Djoković, I., Pešić, L., Radovanović, S., Toljić, M. & Gerzina, N. (2002). Neotectonics and seismicity of southern margin of the Pannonian basin in Serbia. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series* 3, 277-295.
- Marović, M., Toljić, M., Rundić, Lj., Milivojević, J. (2007). *Nealpine Tectonics of Serbia*. Belgrade: Serbian Geological Society.
- Minár, J., Bielik, M., Kováč, M., Plašienka, D., Barka, I., Stankoviansky, M. & Zeyen, H. (2011). New morphostructural subdivision of the Western Carpathians: An approach integrating geodynamics into targeted morphometric analysis. *Tectonophysics*, 502, 158-174.
- Moore, W. G. (1972). *A Dictionary of Geography - definitions and explanations of terms used in physical geography*. London: Penguin Books.
- Müller, P., Geary, D.H. & Magyar, I. (1999). The endemic molluscs of the Late Miocene Lake Pannon: their origin, evolution and family-level taxonomy. *Lethaia* 32, 47-60.

- Neumayr, M. & Paul, C.M. (1875). Die Congerien- und Paludinenschichten Slavoniens und deren Faunen. Ein Beitrag zur Descendenz-Theorie. *Abhandlungen der k.k. Geologischen Reichsanstalt* 7, 1–111.
- Panin, A. V., Sidorchuk, Y. & Chernov, A. V. (1999). *Historical background to floodplain morphology: examples from the East European Plain*. London: Geological Society, Special Publications 163, 217-229.
- Perko, D. (2001). *Analysis of the surface of Slovenia using the 100-meter digital elevation model*. Ljubljana: Geography of Slovenia 3.
- Popov, S.V., Shcherba, I.G., Nevesskaya, L.A., Paramonova, N.P., Khondkarian, S.O. & Magyar, I. (2006). Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 238, 91-106.
- Prelogović, E., Saftić, B., Kuk, V., Velić, J., Dragaš, M. & Lučić, D. (1998). Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian basin. *Tectonophysics* 297 (1-4), 283-293.
- Psilovikos, A. (1984). Geomorphological and structural modification of the Serbomacedonian massif during the neotectonic stage. *Tectonophysics*, 110(1-2), 27-45.
- Rögl, F.; 1999: Mediterranean and Paratethys. Facts and hypotheses of an Oligocene to Miocene paleogeography (Short Overview). *Geologica Carpathica* 50(4): 339– 349.
- Róth-Telegdi, L. (1879). A rákos-ruszti hegyvonulat és a Lajta hegység déli részének geológiai vázlata (Geological outline of the Kroisbach-Ruster range and the south parts of the Leitha mountain). *Földtani Közlemény (Bulletin of the Hungarian Geological Society)* IX(3-4), 99-110.
- Roth von Telegd, L. (1879). Geologische Skizze des Kroisbach-Ruster Bergzuges und südlichen Teiles des Leita-Gebirge (Geological outline of the Kroisbach- Ruster range and the south parts of the Leitha mountain). *Földtani Közlemény (Bulletin of the Hungarian Geological Society)* IX (3-4), 129-140. (German Edition).
- Royden, L.H., & Horváth, F. (1988). The Pannonian Basin – a Study of Basin Evolution. *American Association of Petroleum Geologists - Memoir Series*, 45, 1-16.
- Royden, L.H., Horváth, F. & Rumpel, J. (1983). Evolution of the Pannonian Basin System 1. Tectonics. *Tectonics* 2, 63-90.
- Rundic, Lj., Ganic, M., Knezevic S. and Soliman, A. (2011). Upper Miocene Pannonian sediments from Belgrade (Serbia): new evidence and paleoenvironmental considerations, *Geologica Carpathica* 62(3), 267-278.
- Rusu, A. (1988). Oligocene events in Transylvania (Romania) and the first separation of the Paratethys. *Dari Seama, Inst. Geol. Geofiz.* 72/73, 207-223.
- Stenninger F.F. & Wessely, G. (2000). From Tethyan Ocean to the Paratethys Sea: Oligocene to Neogene Stratigraphy, Paleogeography and Paleobiogeography of the circum-Mediterranean region and to Oligocene to Neogene Basin evolution in Austria. *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft (Austrian Journal of Earth Sciences)* 92, 95-116.
- Stevanović, P.M. (1959). Das Neogen in Jugoslawien in seinen Bezeichnungen zum Wiener Becken. *Mitteilungen der geologischen Gesellschaft in Wien* 52, 189-201.
- Stevanović, P. (1978). Neue panon-pontische Molluskenarten aus Serbien. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva* 42, 315-344.
- Sümeği, P., Lócskai, T. & Hupuczi J. (2011). Late Quaternary palaeoenvironment and palaeoclimate of the Lake Fehér (Fehér-tó) sequence at Kardoskút (South Hungary), based on preliminary mollusc records. *Central European Journal of Geosciences* 3(1), 43-52.
- The Columbia Electronic Encyclopedia Copyright 2007, Columbia University Press. (accessed on August 24th 2011 through <http://www.factmonster.com/ce6/sci/A0839271.html>)





## PANNONIAN PLAIN AS A MORPHOSTRUCTURAL UNIT OF SERBIA

JELENA ČALIĆ<sup>2</sup>, MARKO V. MILOŠEVIĆ, TIVADAR GAUDENYI,  
DRAGOLJUB ŠTRBAC, MILOVAN MILIVOJEVIĆ\*

\*Geographical Institute "Jovan Cvijić" of the Serbian Academy of Sciences and Arts,  
Djure Jakšića 9/3, Belgrade, Serbia

**Abstract:** Differentiation between the terms "Pannonian Basin" and "Pannonian Plain" is not clear enough in geographical literature. The paper discusses the usage of the term "plain" in geomorphology, as well as the usage of a quantitative method for plain delineation, through calculation of relief roughness coefficient (using a digital elevation model). Qualitative analysis, which includes the definition of dominant geomorphological processes and the distribution of Quaternary sediments, is an addition to the quantitative analysis. In the Republic of Serbia, the area of the Pannonian plain defined in this way is 24,448 km<sup>2</sup>, which is 27.5% of the total territory of the country. The paper gives the overview of the geotectonic structure and evolution of the Pannonian Basin System, with special stress on the territory of Serbia, as well as the chronology of the Pannonian sedimentation area in Serbia from the Lower Miocene till present. In order to explain the status of the Pannonian plain as one of the morphostructural units of Serbia, the theoretical basics of morphostructures are discussed, as well as the principles of their spatial definition and the relation to the notion of a geological structure.

**Key words:** Pannonian Basin, Pannonian Plain, geomorphology, relief roughness coefficient, morphostructure

### Introduction

The terms Pannonian Basin and Pannonian Plain are often used in Serbian geographical literature. The attribute "Pannonian" originated from the name of the Roman province Pannonia, which existed within the Roman Empire from the 1<sup>st</sup> to the 4<sup>th</sup> century. The province encompassed the area west of the course of the Danube River, north of the course of the Sava River, to the Vienna and Styria Basins in the north and west. The attribute was introduced to geological literature in the second half of the 19<sup>th</sup> century, when Róth von Telegd (Róth, 1879; Róth von Telegd, 1879) defined the Pannonian stage in stratigraphy.

Presently, the exact spatial delimitation of geographical units Pannonian Basin and/or Pannonian Plain is not unanimously accepted. Two groups may be distinguished among the usual definitions: the authors who consider the courses of the Sava and the Danube as the southern borders of the Pannonian Basin/Plain (e.g. Marović et al., 2002; Sümegi et al., 2011), and those who take an altitude contour line (mostly 150 m or 200 m) for the southern border of the plain (e.g. Marković, 1970).

Apart from the problem of the spatial extension, the literature mostly does not offer a clear distinction between the notions of "basin" and "plain", and their usage is inconsistent. In the present paper, the term "basin" is used in structural-geological context (for the area with the dominant tectonic subsidence), as well as in paleogeographical - sedimentological context (aquatic environment with sedimentation process). As for the present regional-geographical and geomorphological context, we use the term "plain".

As the aim of this paper is to justify the status of the Pannonian Plain as one of the morphostructural units of Serbia, it is necessary to mention briefly the theoretical background of morphostructures. According to the introductory definition given by Gerasimov (1946, cited in Baker 2007, Demek et al., 2007, 2009, etc), morphostructures are

---

<sup>2</sup> E-mail: [j.calic@gi.sanu.ac.rs](mailto:j.calic@gi.sanu.ac.rs)

The paper presents the results of the project 47007, financed by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia

relief units formed by a combination of tectonic activity and exogeneous (surface) processes. The morphostructures are in hierarchical relation by size, starting from megamorphostructures (forms visible at continental scale) to micro-morphostructures (e.g. a single horst, or a river valley developed along a fault; Baker 2007). Morphostructural analysis reveals a complex interaction between long-term endogeneous processes and the processes taking place on the topographical surface (Goudie, 2003).

### The term “plain”

The meaning of the term “plain” is considered to be generally well-known. One of the terms which is often used for a smaller plain in Serbian language is “*ravnica*” (levelled surface). Table 1 gives the definitions of these two terms in Serbian textbook references (textbooks in geomorphology, physical geography, geographical dictionaries, etc). The analysis shows that the morphogenetical context of these terms is not clear enough. The offered definitions mostly refer to descriptions and physiognomical attributes of relief.

**Table 1: Definitions of the terms “plain” and “levelled surface” in Serbian literature.**

Term	Definition	Author
LEVELLED SURFACE ( <i>RAVNICA</i> )	vast flat or slightly undulating parts of land, whose surface is mildly inclined in one direction	Rakićević (1991)
PLAIN	vast levelled part of land, with the elevations up to 200 m	Mastilo (2001)
LEVELLED SURFACE ( <i>RAVNICA</i> )	surface relief form characterised by small inclinations and slight elevation differences	Mastilo (2001)
PLAIN	vast and levelled parts of Earth surface, with small elevation differences	Andjelić (1990)
LEVELLED SURFACE ( <i>RAVNICA</i> )	small plains in Earth surface relief	Andjelić (1990)
PLAIN	vast and levelled parts of Earth surface, with small elevations and small relative heights	Petrović (1977)
LEVELLED SURFACE ( <i>RAVNICA</i> )	small plains in Earth surface relief	Petrović (1977)
LEVELLED SURFACE ( <i>RAVNICA</i> )	structurally levelled surface, built of horizontal strata	Marković et al. (2003)

English language literature uses the term plain mostly in toponymes, as well as in regional segments of geo-sciences. Unfortunately, in textbooks, thematic dictionaries and encyclopedias, the term is insufficiently defined. Most definitions are of descriptive character, without genetic elements: “an extensive area of level or gently undulating land, usually of low altitude” (Moore, 1972), “large area of level or nearly level land” (The Columbia Enc., 2007), “relatively level area of the Earth's surface that exhibits gentle slopes and small local relief” (Britannica Enc., 2008). In particular papers, the authors often avoid defining plains as relief mega-forms, concentrating on other, smaller forms within plains (Guzzetti et al., 1997; Panin et al., 1999). The cited definitions are mostly related to physiographical approach, while the examples of quantitative approach are relatively rare. A positive exception is the work of Hammond (1954), who introduces the quantitative analysis per surface unit, stressing that small-scale representation of relief should be based on *areas*, not individual features. This author claims that the areas which have more than 80% of flat relief, with less than 33 m dissection, are plains. The approach of Hammond was a beginning of geomorphometrical analyses, and within them, of a notion of relief roughness (dissection per area unit), which was later studied by Hobson, 1972; Perko, 2001; Hrvatin & Perko, 2009, etc.

The above analysis of definitions leads us to the conclusion that in the largest number of cases the plains are not morphogenetically explained - there are no details about the

genetic conditions. However, quantitative characteristics are followed by qualitative characteristics, which is also stated by Hammond (1954, p. 35): “quantitative analysis is a tool, and not an end in itself”.

If we include at least a rough genetic segment into a definition, we can say that a plain is a flat topographical surface, formation of which was conditioned by geotectonic processes and sediment accumulation, with metric-scale dissection of exogeneous origin.

### **Spatial extent of the Pannonian Plain in Serbia**

In order to get an exact and objective spatial definition of the extent of the Pannonian Plain in Serbia, Čalić et al. (2012) applied the method of geomorphometrical analysis (by using the software package *Idrisi Andes*<sup>TM</sup>), combined with qualitative geomorphological analysis, as well as the analysis of the extent of particular geological formations.

Within the geomorphometric analysis, the data source for the digital elevation model was the SRTM base, with resolution of 90 m. The accuracy of these data for the territory of Serbia was analysed by Samardžić and Milenković (2010), who determined that SRTM obtained models correspond to the models obtained by digitizing of contours from 1:50,000 topographical maps. This is an acceptable accuracy for the study of macro-scale relief forms. For the purpose of geomorphometrical determination of the Pannonian Plain extent in Serbia (Čalić et al., 2012), the SRTM was resampled from 90 m to 200 m. The obtained elevation model was subject to filtration, and 5 x 5 cells were gathered into moving windows in order to calculate an average elevation within each window. The difference between a cell elevation and an average elevation within its window was calculated for each cell. The standard deviation of elevation differences of all cells within each window was assigned to the central cell of that window. The standard deviation calculated for each cell reflects its elevational relation towards the cells in its immediate surroundings. The value of standard deviation is marked as the relief roughness coefficient.

In order to determine the border of the Pannonian Plain, geomorphometrical analysis was complemented with qualitative analyses of active geomorphological processes (with related forms), and of geological formations distribution. Aggradational forms of fluvial relief (alluvial plains) and aeolian relief (sand sheets) occur in the areas where the roughness coefficients range between 0 and 5. In the same range of roughness coefficients, only Quaternary sediments are distributed on topographic surface (Savezni geološki zavod, 1970), which is in accordance with the processes of fluvial and aeolian accumulation. By combination of all indicated methods, it was determined that the areas with roughness coefficients between 0 and 5 can be considered as the areas of plains (in this case, the Pannonian Plain). Figure 1 shows the map of relief roughness coefficients in the zone of the southern border of the Pannonian Plain in Serbia. As the cell dimensions were 200 x 200 m, the border cannot be considered a line (in a spatial sense), but only a belt.

**Figure 1. The map of relief roughness coefficients in the northern part of Serbia**

The are of the Pannonian Plain in Serbia, defined in this way, is 24,448 km<sup>2</sup>, which is 27.5% of the total territory of the country. This unit is delineated by natural and administrative borders. Serbian part of the Pannonian plain stretches from the borders with Romania, Hungary, Croatia and Bosnia and Herzegovina, towards the south, where it is defined through relief roughness coefficients. In the direction from the west to the east, the southern border of the plain starts from the state border with Bosnia and Herzegovina, encompassing the lower course of the Drina River, to the town of Loznica in the south. The natural border continues along the western and northern rim of the Pocerina region, and near the village Provo it connects to the course of the Sava River. Then it encompasses the lower

course of the Kolubara River, continuing towards the east along the courses of the Sava and the Danube. With some exceptions, it follows these rivers to the town of Smederevo. Further to the east, the border includes the lower courses of the Velika Morava River (upstream to the town of Lapovo) and the Mlava River (upstream to the village of Rašanac), ending at the border with Romania close to the village of Ram. The elevations in the plain range from 68.5 to 155 m (average: 83.5 m).

Smaller areas (mostly linear) with roughness coefficient 0-5 occur even out of the defined area of the plain. These are alluvial plains of smaller rivers, situated in the zones of dissected relief. The existence of these flat areas is the result of exogeneous processes alone, without structural predispositions of regional character, therefore they do not fit into the definition of the plain. On the other hand, although the age of pebbles and sandy clays in the lower course of the Kolubara River is defined as Plio-Quaternary on the official geological map (Filipović et al., 1976), their position on the lithostratigraphical column, as well as the recent corrections of the Quaternary geological scale (Gibbard et al., 2010) point more to Quaternary (Lower Pleistocene) than to the Neogene (Pliocene) age.

Mt. Fruška Gora, which is a tectonically uplifted block of the Vardar zone (horst), as well as Mt. Vršacke Planine (uplifted block of the Serbian-Macedonian Massif) do not belong to the area of the plain, and represent separate positive morphostructures.

In the area of the sand sheet Deliblatska Peščara, the roughness coefficients exceed 5, due to the typical dune relief. As the roughness is in this case the consequence of the surface process alone (aeolian accumulation), without tectonic uplift dissection, and the structural and paleogeographical characteristics are equal as in the surroundings of the sand sheet, this area is treated as the integral part of the Pannonian Plain.

Part of the Pannonian Plain on the territory of Serbia is an integral morphological unit with the Great Hungarian Plain (Alföld). We suppose that the administrative circumstances throughout history are the cause that these two areas never had a common toponyme, although their geomorphological unity is perfectly clear. More than 100 years ago, Hungarian geographer Cholnoky (1910) indicated that these areas are geomorphologically integrated, stating that “the definition of the southern border of the plain will be the task of Serbian colleague-geographers” (Cholnoky, 1910, p. 420).

**Figure 2. Various interpretations of the southern border of the Pannonian Plain in Serbia (the Sava and the Danube Rivers, 200 m contour, and the line defined through geomorphometrical and geomorphological analysis)**

**Figure 3. Spatial extent of the Pannonian Plain in Serbia**

Spatial analysis of the Pannonian Plain, apart from homogeneous morphological structure, reveals also heterogeneous biogeocenological, anthropological and ethno-cultural structure. These characteristics influenced the differentiation of two dominant groups in the southern border definition (Fig. 2). Authors of one group consider that the courses of the Sava and the Danube are the southern border of the plain (Haas et al., 2001; Marović et al., 2002; Sümegei et al., 2011). These hydrographical objects have been the zone of ethnic, cultural, political and socio-economical divergence during almost two millenia, which resulted in incorporating of this line into the “cultural landscape”. The second group of authors consider that the border of the Pannonian Plain lies more to the south than the Sava and the Danube, but either do not indicate the criteria for delineation (Cholnoky, 1910, Rodić and Pavlović, 1994), or they take the contour line of 150 or 200 m elevation as a criterion (Marković, 1970). Marković (1970) states that “the border between the plain and the rim of the Pannonian Basin is approximate, because within the plain there are areas of considerably higher land than 150 m, while the rim hosts the segments with smaller

elevation". Such an explanation is the consequence of regional-geographical rather than geomorphological approach.

### **Geotectonic structure of the Pannonian Plain**

The Pannonian Basin, in structural-geological context, consists of several units - terranes, which are the basement to the subsequently deposited sediment series. To the north-west of the Mid-Hungarian Shear Zone (MHSZ) there is the ALCAPA block (acronyme for Alpine-Carpathian-Pannonian block), and to the east there is the Tisza-Dacia block (Dombradi et al., 2010) (Fig. 4, inset). In the southern and south-eastern part, the Vardar Zone and the Serbian-Macedonian Massif are also parts of the basement of the Pannonian Basin (Dimitrijević, 1992).

**Figure 4. Structural-geological units of Serbia, after Dimitrijević (1992). Inset: Structural-geological units of the Pannonian Basin System and its surroundings, with distribution of Neogene sediments (compiled after the data by: Haas et al., 2001; Royden & Horváth, 1988; Fodor et al., 1999; Dombárdi et al., 2010; Dimitrijević, 1992)**

Tectonic subsidence of large segments of these blocks, and formation of the basin within the Alpine orogenic zone, began in the Lower Miocene. Collision of the Adria micro-plate and the European continent led to the formation of the back-arc basin (Bada et al., 1999), characterised by extension and subsidence. Pliocene and Quaternary are marked by the rotation of the Adria micro-plate (counter-clockwise), leading to compression and differential vertical movements, complicating the tectonic pattern of this area. Therefore, Royden et al. (1983) introduce the notion of the Pannonian Basin System, which has been widely used in subsequent literature, stressing the complexity of geotectonic composition of the Pannonian area. Some parts of the Pannonian Basin System were subject to constant subsidence all the time since the Lower Miocene, and today are filled with thick sequences of sediments (Bada et al., 2006). One of such areas is the most south-eastern part of the basin, situated on the present territory of Serbia. Three tectonic units are the basement of this part: the Tisza-Dacia block, the Vardar Zone, and the Serbian-Macedonian Massif. Northern part of the Serbian-Macedonian Massif was subject to Miocene extension, which made it a part of the Pannonian Basin System.

Subsided blocks of the Serbian-Macedonian Massif are covered with sediments, while the horst of Mt. Vršacke Planine is its northernmost outcrop. Northernmost outcrop of the Vardar Zone is the horst of Mt. Fruška Gora. The Drava through, which divides the Vardar Zone from the Tisza-Dacia block (Prelogović et al., 1997) is not morphologically visible in the area of the Pannonian Plain in Serbia (Vukašinović, 1973).

Natural border of the plain is highly indented, due to the existence of geological sub-structures – throughs, horsts and depressions. In throughs and depressions, the relief typical of plains is developed. The Morava through, as well as the throughs of the Mlava and Kolubara, contributed to the extension of the plain south of the Sava and the Danube. The Sava through (known also as the Srem-Slavonia through; Marović et al., 2007) and Mačva through extend the plain towards the west and south-west. Several smaller depressions are detected within the Pannonian plain (Menković et al., 2003; Zeremski, 1990). Morphology of these depressions did not influence the border of the plain, but only the regime of groundwaters and surface waters. As opposed to throughs and depressions, horsts interrupt the homogeneity of the Pannonian Plain and are not its integral parts.

## Paleogeographical evolution of the area of the Pannonian Plain

The Tethys Ocean, which divided two continents (Laurasia and Gondwana) during the Mesozoic, was afterwards split into two parts due to intensive tectonic activity. Two marine realms were formed: Paratethys and Mediterranean. During its existence, the Paratethys was linked to other marine realms on several occasions. During these phases, particular parts of the Paratethys faced salinity drops.

The oldest phase of the Paratethys includes the Lower Miocene, while the youngest includes the Middle Miocene (Badenian and Sarmatian). During the Middle Miocene, the Paratethys on the present territory of Serbia was characterised by marine (Badenian) and brackish (Sarmatian) realm, and was popularly called the “Pannonian Sea”.

**Figure 5. Paleogeographical evolution of the Lake Pannon (after Magyar et al., 1999)**

Paratethys existed as a single marine aquatory approximately till the end of the Sarmatian, when the uplift of the Alps, Carpathians, Balkan and Dinarides divided it to Western, Central and Eastern Paratethys. The Western Paratethys encompassed the Alpine sedimentation domain, which was situated to the west from the Eastern Alps. The Central Paratethys included the Vienna Basin, Styrian Basin, Pannonian Basin and Transylvanian Basin, within the mountain ranges of the Carpathians and Eastern Alps, north of the Dinarides (Fig. 5). The Eastern Paratethys included sedimentation domains to the east of the Carpathians - Dacian Basin, Black Sea Basin, Caspian Basin and Aral Basin (Müller et al., 1999).

The presence of the Pannonian and Dacian sedimentation domains is detected on the present territory of Serbia. To the west of the Carpathian-Balkan land, there were southern parts of the Pannonian sedimentation domain. In the northern parts of Serbia, the aquatory was integral, while the southern parts were characterised by occasionally linked lakes (Andjelković, 1991).

Within the sedimentation zone of the Central Paratethys, due to sediment infill and tectonic movements, the Lake Pannon was formed at the beginning of the Upper Miocene (Pannonian stage; 11.6 Ma) (Rundić et al. 2011). The lake did not have a uniform oval shape, but resembled a complex of lakes. During several phases, it was linked to the Vienna Basin and Transylvanian Basin (Kázmér, 1990; Müller et al., 1999; Magyar et al. 1999, Harzhauser & Mandić, 2008).

In former literature published in Serbian language, the term “Pannonian Sea” stands for the time frame from the beginning of the Miocene to the end of the Pontian stage (e.g. Stevanović, 1959, 1977, 1978). However, the new data indicate that the marine and marine-brackish realms were characteristic for the Paratethys of the Middle Miocene (Badenian and Sarmatian). Lower Miocene Paratethys was in this case considered as the oldest Paratethys. Considering the caspi-brackish realm and endemic fauna on the studied territory, it would be appropriate to use the term Lake Pannon (e.g. Rundić et al., 2011), and not “Pannonian Sea”.

Primarily due to the sediment infill from the north-western, north-eastern and western directions, the Lake Pannon was subject to regression after the Pontian and at the beginning of the Pliocene (Stevanović, 1959, 1978).

At the beginning of the Pliocene (approx. 4.5 Ma, according to Magyar et al., 1999; Popov et al., 2006), the freshwater Paludina Lake was formed in the deepest parts of the Pannonian sedimentation domain<sup>3</sup>. Paludina Lake, in its maximal extent, covered the largest

<sup>3</sup> According to Austrian authors (e.g. Harzhauser & Mandić, 2008), there was a temporal gap between the Lake Pannon and Paludina Lake, while Hungarian authors claim the continuity of aquatic realm, meaning that the Paludina Lake is the relict of the Lake Pannon (e.g. Magyar et al., 1999).

parts of Slavonia and Vojvodina, and was named after the old name of freshwater gastropod *Paludina* (present name is *Viviparus*). The evolution of *Viviparus* enabled the paleontologists to detect three main facies of Paludina Lake development - the Paludina beds (Neumayr & Paul, 1875). Disappearance of the Paludina Lake took place in the Lower Pleistocene. After that, the initial relief of the Pannonian Plain was formed, with dynamic development of paleo-rivers.

Further development of paleo-river systems of the ancient Danube, Tisa, Tamiš and Sava led to deposition of thick fluvial sediments. Aeolian sedimentation took place at several locations, influenced by north-western and south-eastern winds, filling some swamp areas and meanders. Pleistocene climate led to the development of loess series on non-inundated surfaces of the Pannonian Plain. The present morphological and hydrological characteristics were formed during the Holocene. The last evolutionary stadium is marked by water regulation works, starting from the end of the 18<sup>th</sup> century, mainly in the regions of Banat and Bačka. These regulations have considerably changed the regime of groundwaters and surface waters.

**Table 2. Chronology of the Pannonian sedimentation domain in Serbia**

Paleogeographical realm	Sedimentation environment	Dominant type of sediments	Stratigraphy	Age (Ma)
Pannonian Plain	terrestrial	Aeolian and fluvial sediments	Quaternary (without a part of the Lower Quaternary)	~ 2.0 to present
Paludina Lake	lacustrine (freshwater) – terrestrial	lacustrine sediments (Paludina beds)	Middle- and Upper Pliocene, partly Lower Quaternary	~4.5 to ~ 2.0
Lake Pannon	lacustrine (caspi-brackish) – terrestrial	lacustrine sediments	Upper Miocene (including Pontian)	~11.6 to ~ 4.5
Paratethys „Pannonian Sea”	marine and marine-brackish	marine sediments	Middle Miocene (Badenian and Sarmatian)	~16.3 to ~11.6
Paratethys	terrestrial-lacustrine (and marine)	terrestrial-lacustrine sediments	Lower Miocene	~ 23 to ~16.3

### Pannonian Plain as a morphostructure

Most authors from Serbia do not consider the Pannonian Plain as a morphostructure with homogeneous morphology (Zeremski, 1973, 1991; Milić, 1976; Marković, 1970). Instead, they opt for its segmentation, observing only individual sub-structures (geotectonic structures of lower order, like depressions and trenches). Zeremski (1973) considered this area as a tri-lateral morphological structure composed of “accumulation plain of inter-mountain basins”, “accumulation flat plain” and “accumulation plain of inter-mountain depressions” (Zeremski, 1973; Milić, 1976). This principle was followed also in Geomorphological (morphostructural) map of Serbia (Zeremski, 1990), where the same author depicted the area of the Pannonian Plain as a kind of “conglomerate” of depressions, trenches, etc.

The ways to determine the borders of morphostructures can be divided into two groups:

- Morphostructures are the topographical print of geological structures, and their borders perfectly overlap;
- Morphostructures are dominantly guided by geological structures, but also have an internal morphological individuality, which defines their spatial extent (borders).

The first group considers that the borders of various geological structures are outlined on topographical surface. For example, Zeremski (1991, 16) states that “the morphostructures are tectonic forms, meaning that their reflection in relief overlaps with the character and extent of geological formations”. This situation is possible, but it is not the only option. Thus, this principle cannot be regarded as a rule, but only as one of the cases.

The second group includes the examples in which the borders of a morphostructure may be wider or narrower than the borders of geological structures that guided their formation, provided that the morphostructure is characterised by particular geomorphological processes. This interpretation is based primarily on morphological principle.

An example of such approach is found at Minár et al. (2011), while the paper of Čalić et al. (2012) applies it to the case of the Pannonian Plain. These authors stress the relief form which is a consequence of a geological structure, but not the geological structure itself.

According to quantitative and qualitative indicators shown by Čalić et al. (2012), as well as in the present paper, the Pannonian Plain (integrally) represents one morphostructural unit within Serbia. The exact spatial extent of this morphostructure south of the Sava and the Danube is defined by the same features (forms) present to the north of these rivers.

**Figure 6. Schematic profile of the Morava trench (sediment thickness after Kurbalija, 1982; cited by Marović et al., 2007)**

Although the notion of morphostructure is essentially linked to the notion of geological structure, due to perfectly clear genetic relation, the differentiation between these notions and their spatial extent can be illustrated on the example of the Morava trench (Fig. 6). Within the geological structure of the Morava trench, there are deposited sediments on which typical plain-like relief is developed. Therefore, the flat area within the Morava trench is linked to the northern area of the plain, being a part of the Pannonian Plain in Serbia.

The difference between the spatial extent of geological structure (Pannonian Basin System) and morphostructure (Pannonian Plain) is shown in Fig. 7. This example shows the differences in usage of the terms “basin” and “plain”. The term “basin” suits best for structural-geologic and paleogeographic (sedimentologic) context, while in the studies of recent geomorphology and geographic regionalization, it is more appropriate to use the term “plain”.

**Figure 7. Schematic profile of basin and plain: the term “basin” is related to tectonics and sedimentation, and the term “plain” for geomorphological characteristics.**

## **Acknowledgement**

The authors wish to thank to prof. Ljupko Rundić (Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade) for useful suggestions during preparation of the paper.

## **References**

See references on page 59.