

### ВИСИНСКИ ГРАДИЈЕНТИ ПАДАВИНА У СРБИЈИ

**Садржај:** Користећи податке о просечним годишњим падавинама за период 1961-90. са свих кишомера у Србији јужно од Саве и Дунава, конструисана је карта висинских градијената падавина. Регресионом анализом (дводимензионални тип,  $X$  – висина падавина и  $H$  – надморска висина) формирано је 59 рејона хомогених за однос  $X = f(H)$ . Примењени су неки нови методи, показана ограничења, уочене правилности у распореду прираста падавина и указано на практичну примену оваквог поступка у физичко-географским истраживањима.

**Кључне речи:** кишомери, висински градијент падавина, фактори, рејони, Србија

**Abstract:** Using average annual precipitations data for period 1961-90. from all rain gauges in Serbia, southern of Sava and Danube rivers, the map of altitude precipitations gradient is constructed. 59 regions homogenous for relation  $X = f(H)$  are obtained by regression analysis method (two-dimensional type,  $X$  – precipitation height and  $H$  – altitude). Some new method are applied, some limitations are shown, some regularities are found in disposition of precipitation growth and it is indicated on practical application of this method in physico-geographical research.

**Key words:** rain gauges, altitude precipitation gradient, factors, regions, Serbia

### Увод

Проблем који се у хидролошкој пракси билансирања вода сливова врло често јавља је „улаз“ у систему падавине – отицај – испаравање. Непознавање понашања атмосферилија у вишим планинским пределима услед непостојања кишомера доводи до њихових грубих апроксимација и, у крајњем случају, до оправдане сумње у коначни исход. Зашто се, најпре, падавине и по количини и по режиму често разликују на две суседне планине и зашто је прогноза за њихове врхове тако проблематична? Добро је познато да су бројни фактори одговорни за карактер падавина а најважнији су тип ваздушних струјања, њихова учестаност, промена усталених праваца кретања и велика сезонска колебања, а све то под јаким орографским утицајем и значајем мезо и микро својстава проучаваних локација. Сигурно је да ће наветрене и заветрене падине имати различите градијенте иако се налазе на истом правцу ваздушних струјања, као што је битно и то да ли су њихови падови слични, разликују ли се по пошумљености, итд. Зато је у условима какви су код нас, са малим бројем високих кишомера, врло непоуздано ослонити се на пројекције како са веће, тако и са мање удаљености од проучаваног простора. То нарочито важи за ситуације, какве се често примењују у нашој пракси, да се за релевантан показатељ узимају градијенти падавина добијени са једне ниске и једне високе станице. Леп пример је крагујевачка котлина. Ако анализирамо профил Крагујевац (190 m, 633 mm) – Адине Ливаде (580 m, 826 mm) на Гледићким

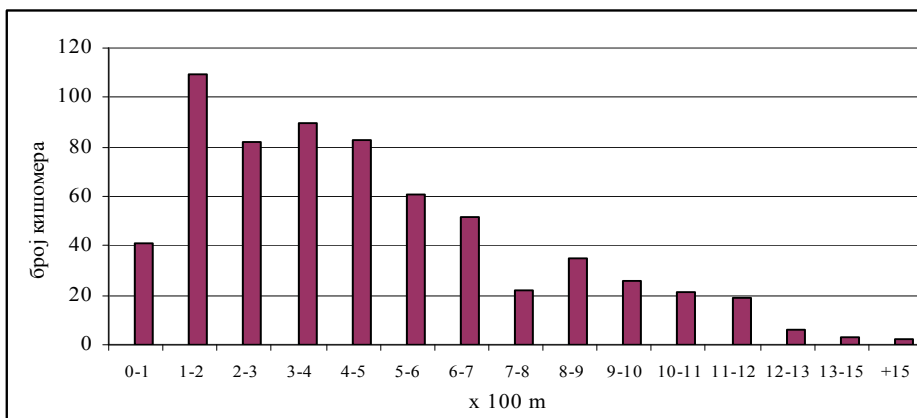
---

\* **Мр Ненад Живковић**, асистент, географски факултет Београд, Студентски трг 3/3.  
**Мр Горан Анђелковић**, асистент, географски факултет Београд, Студентски трг 3/3.

планинама, висински градијент падавина је 50 mm/100 m и врх ове планине на 900 m би имао 985 mm падавина. Уколико користимо профил Крагујевац – Рудник (700 m, 957 mm), градијент би био 64 mm/100 m а врх Гледићких планина би примао 1085 mm падавина. Ако би, дакле, преко једног или оба ова профила пробали да дефинишемо падавине у сливу Лепенице само би проблем још закомпликовали, јер је установљено да станица Крагујевац уопште није прави репрезент падавинских прилика котлине (мање него што би се очекивало, тако да је на месту метафора “обилази као киша око Крагујевца”). Иначе, поступком који је описан у даљем раду висински градијент падавина овог простора је 28 mm/100 m а врх Гледићких планина прима 890 mm падавина. Разлика од 100 или чак 200 mm падавина које су овде установљене велика је грешка за висине испод 1000 m. Шта тек очекивати на планинама преко 1500 или 2000 m? За приближну оцену водности неког простора, нпр. средишње Србије, може се извршити анализа преко градијента падавина две станице који за вишу има Копаоник. И док би вероватноћа одступања за слив Топлице била мала (избор нижег кишомера?), остало окружење ове планине, поготово југозапад, север и североисток би са овим врхом значајно изгубили своје климатске особености. А тек какве би се грешке јавиле при преносу таквих резултата на остале планинске пределе Србије. Овде је видно одсуство корелације тог, са осталим високим кишомерима, нпр. Голијом, Рестелицом, Власином, Караманицом, Кукавицом, Буђевом, итд.

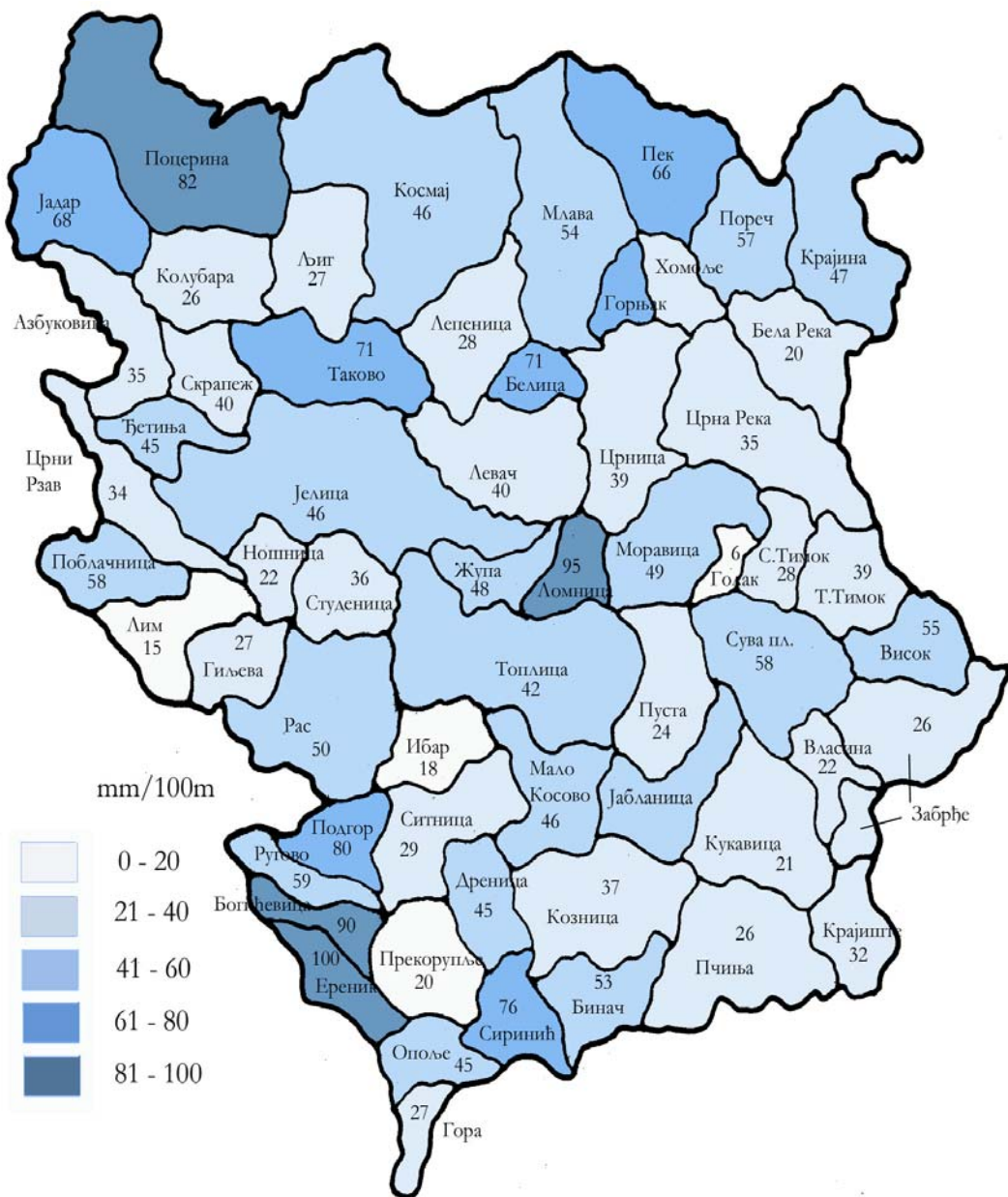
### Поступци примењени у раду

Јасно је да проблем „високих“ падавина не може бити решен емпиријом, до момента установљења станице, односно њеног вишегодишњег праћења. Међутим, исто тако је јасно да то питање не може бити отворено (боље рећи затворено) док се не обезбеде средства и формира мрежа високих станица у често немогућим условима. Зато су пројекције падавина преко различитих метода врло важне при чему њихов исход углавном зависи од комплексности примењених поступака.



Графикон 1. Дистрибуција кишомера у Србији по висинским зонама.

Да би се приказало како се правилност пораста падавина са висином мења на малом простору, а сходно потреби високе поузданости, морало се приступити анализи резултата мерења свих проверених кишомера. На територији Србије јужно од Саве и Дунава је њихов број 656. Због предлога WMO о стандардизацији периода хидрометеоролошких осматрања коришћен је низ од 30 година, 1961-90. Овом приликом ће се приказати резултати добијени за читав период, као његов просек падавина



Карта 1. Висински градијенти падавина у Србији по рејонима хомогеним за однос  $X = f(H)$ .

Сам метод који се заснива на високој детерминацији појаве (зависност падавина од надморске висине) и малој грешци прогнозе, прилично је једноставан, али га је технички врло тешко реализовати јер подразумева добро познавање простора, орографије, кретања ваздушних маса, итд. Слепо „држање“ статистике би зато имало супротан ефекат, изазивало недоумице и оспоравало претходне закључке.

Најпре би се корелационом односу подвргли парови података ( $X$  и  $H$ ) једног ширег простора на коме има неколико високих кишомера а затим графичком анализом и статистичким показатељима потврдиле оне станице које имају најбоље резултате (ради се углавном о линеарним регресијама са коефицијентом корелације преко 0.9 и грешком прогнозе до 10-ак mm). Подразумева се да оне морају чинити јединствену територију јер се само тако афирмише основни принцип ове рејонизације, а то је да при нормалним условима мора постојати правилност у промени падавина са висином. То што има доста станица које ни по количини падавина ни по њиховом режиму не одговарају простору коме физички припадају знак је да по положају нису прави репрезенти (или су у кишној сенци или на удару влажних ваздушних маса, најчешће на улазу у клисуре), или су мерења погрешно вршена. Кишомери који нарушавају успостављену хомогеност  $X=f(H)$  учествују у формирању новог рејона, итд.

Описаним поступцима је на простору Србије јужно од Саве и Дунава добијено 59 рејона хомогених за тражени однос. Сваки од њих је дефинисан формулом из које су одређени висински градијенти падавина.

Рејони су формиран тако што је њихову основу чинио један већи слив (сви кишомери на њему), а затим су му прикључивани кишомери суседних сливова који су сличних физичко-географских обележја (падова, пошумљености, експозиције, ...), а који статистички задовољавају параметре регресије. Број рејона би вероватно био и већи да постоји већи број кишомера који се налазе на висинама преко 1000 m. Овако, несразмерно већи број ниских омогућује оним високим станицама да у датом узорку (скупу кишомера који чине један рејон) имају значајнију улогу, односно мање-више одлучују од нагибу регресионе линије. А то је истовремено директан утицај на величину висинског градијента падавина.

Сходно изнетој поставци да ретко која планина може имати исте градијенте са свих својих страна, границе између суседних рејона чине вододелнице важнијих речних сливова. Некада то може бити и већа река уколико се са њене обе долинске стране налази довољан број кишомера (висинска разлика од бар неколико стотина метара) са значајном разликом у порасту падавина (Велика Морава дели рејоне Лепеница и Млава, Белица и Црница, Западна Морава дели Левач од Ломнице, итд.).

Осим у неколико случајева (Богићевица, Ереник, Подгор), сви рејони су формиран правoliniјским зависностима падавина од надморске висине. Како се равномерни прираст падавина врши до кондензационог нивоа то ће за већи део Србије важити линеарна зависност  $X$  од  $H$ . Наиме, по М. Милосављевићу (1988) кондензациони ниво је код нас на висинама од 1500 до 1700 m а по М. Оцокољићу (1987) зависно од услова појединих области од 1000 до 1500 m (слив В. Мораве)<sup>†</sup>. Како се након ових висина падавине и даље повећавају (само блажи пораст, нелинеарно), за велики део Србије то није имало значаја (ниже од тих нивоа), поготово што се то не може квантификовати у недостатку кишомера на висинама изнад њих. Највећи проблем су представљале Проклетије, наша највиша и најкишовитија планина, са кишомерима до 600 m (Кућиште је на 1115 m али је у

<sup>†</sup> Питање је како се до ових висина дошло. Ако су вршена непосредна мерења температуре издижућих ваздушних маса у потрази за росном тачком онда су наведене висине веома битне (на њима се лучи највећа количина падавина). Исто то се постиже регресионом анализом ( $X = f(H)$ ), али са већим бројем станица на профилу чија максимална висина значајно превазилази поменуто кондензационе нивое. А код нас се кишомери у, и изнад тих нивоа, могу набројати на прсте руке.

кишној сенци), где је требало одредити кондензациони ниво и прогнозировати падавине до врха Ђеравице са неком функцијом криволинијског типа. У зависности од слива (Ереник, Дечанска Бистрица, Пећка Бистрица, извориште Белог Дрима), а сходно нагибу линеарног дела регресије (кишомери у подножју), процењено је да врхови Проклетија преко 2000 m примају од 2000 до 2400 mm падавина што је потврђено зависностима експоненцијалног типа.

### Анализа резултата

Оно што се са карте може лепо уочити је да вертикални градијенти падавина имају у Србији појасну структуру. Влажне ваздушне масе које долазе са северозапада (углавном равно) и прелазе преко брдовитог перипанонског обода значајно мењају услове излучивања падавина што је и описано у стручној литератури (утицај острвских планина на падавине, Милосављевић М. , 1988а). Зато су градијенти у Поцерини и Јадру (први на “удару”) међу највишим у Србији (82 и 68 mm/100 m), а тај тренд се наставља и ка истоку у рејонима Космај и Млава са градијентима око 50 mm/100 m због нешто нижих препрека. Следе рејони Горњак и Пек са преко 60 mm/100 m због јачег издизања ваздушних маса и утицаја који на њих имају изразите клисуре (Горњачка, Ђердап, дубока долина Пека). Појас се завршава ка истоку рејонима Пореч и Крајина са високим градијентима на које осим Ђердапа утичу и источни фронтони који прве препреке из Влашке низије имају у Мирочу, В. Гребену и Дели Јовану.

Јужно од овог појаса се простиру рејони са градијентима до 40 mm/100m. Ово је простор од Азбуковице и Ваљевских планина, преко слива Лепенице и Левча, Кучаја и Хомољске котлине до басена Тимока и Старе Планине (њеног северног дела). Појам висинског градијента не треба мешати са висином падавина. То што перипанонски део има више градијенте значи само њихов бржи пораст са висином, односно да његови нижи кишомери имају мање количине падавина. Али је очигледно и то да на овај јужнији простор знатно утичу и фенске особине северозападних ваздушних маса. Њихово поновно издизање и појачано излучивање падавина почиње од Таре, Златибора, преко сливова Ђетиње, Бјелице и Лопатнице, десном долином страном Западне Мораве од Чачка до Крушевца. Ово се посебно односи на Јастребац, његове стрме северозападне падине у сливу Расине које су директно на путу ових фронтони (70 mm/100 m). Тај трећи појас чине још северни и источни Копаоник (слив Топлице), Јабланица, Сокобањска Моравица, Сува Планина и највиши део Старе Планине. Раздвојен је кишним сенкама слива Пусте реке (под утицајем “греде” Јастребац-Видојевица-Радан) и посебно Топоничке реке (Озрен, Девица), где је градијент само 6 mm/100m (ово последње је можда резултат и малог броја кишомера).

Посебну целину би могао чинити југоисточни део Србије, читав власински масив са горњим делом слива Јужне Мораве и Нишаве у коме су градијенти у распону од 20 до 40 mm/100 m. Најконтрастнији простор је свакако Косовско-метохијски. Његов централни део, Ибарски Колашин, Ситница, Прекорупље, одликује врло мала промена падавина са висином (испод 20 mm/100 m), док је западни део (Проклетије) најизразитији у Србији (Ереник 1 mm/1 m). Јужни део Покрајине, Шара, особности падавина носи сходно свом имену. Најизразитије промене су у Сиринићу (76 mm/100 m), мање у Опољу (45), а најслабије у Гори (27) која је у сенци Коритника (2400 m) и врха Ђаличес (2500 m) у Албанији. Југозапад Србије је такође контрастан. Док слив Рашке има градијенте 50 mm/100 m, његово окружење, Пештер и извориште Моравице око 30 mm/100 m, дотле долина Лима (од Куманичке клисуре до Пријепоља) са Јадовником има само 15 mm/100 m.

### Закључак

Без обзира на чињеницу да Србија поседује мали број кишомера на висинама преко 1000 m, регресиона анализа је добар начин да се установе разлике у дистрибуцији падавина и квантификују њихови вертикални градијенти. Уколико се за сваки рејон уради хипсометријска крива, онда би на основу ње и добијене зависности  $X = f(H)$  лако израчунале укупне падавине рејона, одређене територије, Србије, ... Изведени пример рејонизације према висинским градијентима падавина би се могао и детаљније анализирати. Предложени појасеви према распону од 20 mm/100 m су очигледни али би визуелни ефекат био јачи да је обједињавање вршено према блиским вредностима а не према "округлим" бројевима (20, 40, ...). У том случају би вероватно и изолиније градијената било могуће представити а да јасније одсликавају стање различитог пораста падавина са висином у Србији.

Требало би имати у виду да су ови градијенти добијени према просечним тридесетогодишњим падавинама а да би обједињавање мањих рејона у шире просторе морало обухватити и анализу сезонске компоненте плувиометријског режима. Ово стога што је главни фактор (влажне ваздушне масе) и по времену (сезонски) и просторно (промене праваца) различите учестаности. Питање је како би изгледали висински градијенти падавина за исти период али по сезонама.

### ЛИТЕРАТУРА

- Милосављевић М. (1988): **Метеорологија**. Научна књига, Београд.  
 Милосављевић М. (1988а): **Климатологија**. Научна књига, Београд.  
 Оцокољић М. (1987): **Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите**. Посебна издања СГД, књига 64, Београд.  
 Хаџивуковић С., Зегнал Р., Чобановић К. (1982): **Регресиона анализа**. Привредни преглед, Београд.  
 Колић Б. (1988): **Шумарска еоклиматологија (са основама физике атмосфере)**. Научна књига, Београд.

NENAD ŽIVKOVIĆ  
 GORAN ANDJELKOVIC

### S u m m a r y

#### ALTITUDE PRECIPITATION GRADIENT IN SERBIA

The way in which regionalisation of Serbia is done refer to the values of vertical precipitation gradient give the possibility for better understanding of precipitation character. The importance of orography is stressed as the main modifactor of direction of air-mass movement and cause of different vertical precipitation gradient with small distance between. Good characteristics of this method with its practical application are raised to a power, but also defect as insufficient reliability on the space with a little high rain gauges. This regionalisation is the starting point for studing both climate of Serbia and it s water attributes.