

UDK: 551.58:556(282 Тиса)(497.11)

DOI: 10.5937/KonGef24010P

Прегледни научни рад

УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ И ХИДРОЛОШКИХ ПАРАМЕТАРА НА КВАЛИТЕТ ВОДЕ РЕКЕ ТИСЕ У СРБИЈИ

Милана Пантелић¹, Драган Долинај², Владимир Стојановић³,
Никола Милентијевић⁴, Мирјана Радуловић⁵

Апстракт: Климатски и хидролошки фактори као што су температура, падавине и протицај играју значајну улогу у формирању физичких и хемијских карактеристика речне воде. У раду се истражује утицај ових параметара на квалитет воде реке Тисе у Србији. Мерења су вршена на месечном нивоу, а анализиран је период 2008-2021. године. Урађена је корелациона анализа између сваке хидролошке станице (Мартонош, Нови Бечеј и Тител) и њој најближе метеоролошке станице (Сента, Бечеј и Зрењанин). Анализирана је варијабилност следећих параметара квалитета воде: општи параметри (рН и суспендоване материје), параметри кисеоничног режима (DO, BPK, НРК и укупни органски угљеник), нутријенти (нитрати, нитрити, ортофосфати, амонијум јони и укупни азот) и параметри салинитета (сулфати, хлориди и електро проводљивост) у односу на климатске (температуру и падавине) и хидролошке (протицај) параметре на реци Тиси, у Србији. Добијени резултати јасно показују да климатски параметри и протицај немају значајну међусобну везу са физичко-хемијским параметрима који одређују квалитет воде на реци Тиси. Другим речима, у највећој мери, антропогеним утицајем битно је умањен квалитет воде реке Тисе. Одређени утицаји између климатских, хидролошких и физичко-хемијских параметара су уочљиви а они су највише изражени између протицаја и суспендованих материја (0.504), раствореног O₂ и температуре воде и ваздуха (-0.919), нутријената (NO₃, NO₂ и укупног N) и температуре воде и ваздуха (0.795), као и протицаја и хлорида (-0.539). Разумевање ових односа је кључно за ефикасно управљање водним ресурсима и за очување животне средине. Кроз свеобухватну анализу и интерпретацију података, ово истраживање има за циљ да пружи увид у сложене интеракције између климатских и хидролошких варијабли и параметара квалитета воде, доприносећи развоју стратегија за одрживо управљање речним екосистемом. Такође неопходан је континуирани мониторинг да би се спровеле ефикасне мере прилагођавања које промовишу дугорочну одрживост слатководних ресурса.

Кључне речи: климатски параметри, хидролошки параметри, физичко-хемијски параметри, Река Тиса, Србија.

УВОД

Клима на Земљи се одувек мењала. До почетка индустријске револуције, клима се мењала као резултат промена природних околности. Данас, термин климатске промене користимо када говоримо о променама климе које се догађају од почетка двадесетог века, а настале су као резултат човекових активности.

Промене климе у ширем смислу представљају последице сложених абиотичких и биотичких процеса и огледају се кроз статистички значајне промене климатских параметара током дужих временских периода (Далмација и сар., 2018).

¹ Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад, Србија, milanap@dgt.uns.ac.rs, ORCID: 0000-0001-9569-3388

² Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад, Србија, dragan.dolinaj@dgt.uns.ac.rs, ORCID: 0000-0001-7558-6008

³ Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад, Србија, vladimir.stojanovic@dgt.uns.ac.rs, ORCID: 0000-0001-6792-2841

⁴ Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици - Природно-математички факултет, Иво Лола Рибар 29, Косовска Митровица, Србија, nikola.milenticjevic@pr.ac.rs, ORCID: 0000-0003-4450-844X

⁵ Универзитет у Новом Саду - Институт БиоСенс, др Зорана Ђинђића 1, Нови Сад, Србија, mirjana.radulovic@biosense.rs, ORCID: 0000-0001-6429-1845

Раст температуре у глобалном смислу према процени стручњака у текућем веку ће износити од 0,3 до 4,8°C. Суше, поплаве, топлотни таласи, шумски пожари ће бити екстремнији и чешћи. Средња глобална температура до сада је порасла за око 0,85°C од почетка прошлог века. Насупрот променама температуре на глобалном нивоу, промена режима падавина услед климатских промена показује знатно сложенију структуру. Многе земље се суочавају са све чешћим екстремним временским ситуацијама, праћеним интензивним кишама, олујним непогодама и поплавама, а са друге стране дугим и интензивним сушама (Далмација и сар. 2018).

Управљање водним ресурсима, разликује се од управљања другим ресурсима, јер се вода креће у хидролошком циклусу, зависи од климатских утицаја, а расположивост воде се мења у времену и простору (Вељковић, 2015). Део овог ресурса представљају и реке, чији квалитет постаје све више деградиран. Ефекти климатских промена на хидролошки циклус и квалитет воде у сливусу веома повезани. Итеракција између климатских променљивих и хидролошких компоненти укључује вишеструке процесе. Промене у падавинама, брзини ветра, интензитету зрачења и температури ваздуха, директно или индиректно утичу на квалитет површинских вода.

Истраживања на тему утицаја климатских промена на квалитет воде у водотоцима веома су честа а само нека од њих објавили су у својим истраживањима Delpla et al., 2009; Whitehead et al., 2009; Murdoch et al., 2000; Xia et al., 2014...Управо, ове промене подстакле су истраживаче да формулишу теорије и нумеричке моделе који симулирају елементе квалитета површинских вода (Luo et al., 2013; Komatsu et al., 2007). Већина хемијских и бактериолошких процеса зависе од температуре, повећавајући стопе раста, што је мотивисало многе ауторе да се усредсреде на могуће ефекте глобалног загревања на квалитет воде.

Када су у питању промене у квалитету воде површинских водотокова, антропогени утицаји су далеко израженији и снажнији али како су климатске промене на глобалном нивоу све јаче изражене, намеће се и потреба детаљније анализе утицаја природних фактора на параметре квалитета воде. У раду је приказана корелациона анализа утицаја климатских параметара (температуре воде и ваздуха и падавина) и хидролошких параметара (протикања) на одабране параметре квалитета воде реке Тисе у њеном делу тока кроз Србију. Анализирано је четири групе параметара квалитета воде (општи параметри, кисеонични режим, нутријенти и салинитет).

Река Тиса представља највећу притоку Дунава, са укупном дужином од 977 km. Настаје у Украјини, код места Рахов, у западним Карпатима, у шумовитом масиву Кармарош, спајањем Црне Тисе (дужине 49 km) и Беле Тисе (дужине 34 km) које извиру на 960m, односно 1.700m надморске висине. Река Тиса протиче кроз Украјину, Словачку, Румунију, Мађарску и Србију (Josimov Dundjerski et al., 2017). У нашу земљу улази из Мађарске, 6 km низводно од Сегедина и код Старог Сланкамена се улива у Дунав. Њена укупна дужина кроз нашу земљу износи 164 km (Babić et al., 2019). Тиса представља природну границу између Бачке, на десној, и Баната на левој обали, а пошто додирује и Срем на ушћу код Старог Сланкамена, представља праву војвођанску реку.

Река Тиса у Србији има велики водопривредни значај, нарочито од када је постала централни хидролошки објекат ХС ДТД. Тиса представља важно станиште разноврсног животињског света као и туристичку-рекреативну дестинацију. Према Уредбама о категоризацији водотока и класификацији вода (Сл. Гласник СРС, бр.5/68) Тиса на поменутом сектору тока сврстана је у II категорију вода. Са развојем индустрије и интензивне пољопривреде на великом делу целокупног слива Тисе повећан је број загађивача, чиме су еколошки услови на сливу у знатној мери погоршани. То се директно одразило на нарушавање квалитета воде реке Тисе највише на њеном средњем и доњем току (Павић, Минучер, Живковић, 2010).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У циљу прецизне и детаљне анализе квалитета воде на простору реке Тисе у Србији формирана је база података одређених хемијских и климатских параметара.

Подаци, који су коришћени за креирање базе података физичких и хемијских параметара, преузети су из хидролошких и метеоролошких годишњака Републичког хидрометеоролошког завода (РХМЗ) за период 2008-2021. године.

Резултати су представљени на основу корелационе анализе која је коришћена за утврђивање постојања одговарајућег интензитета (нивоа) корелације и статистичке значајности између зависних променљивих (параметара квалитета воде) и независних променљивих (климатских параметара и протицаја). Корелациона анализа вршена је између сваке хидролошке и њој најближе метеоролошке станице.

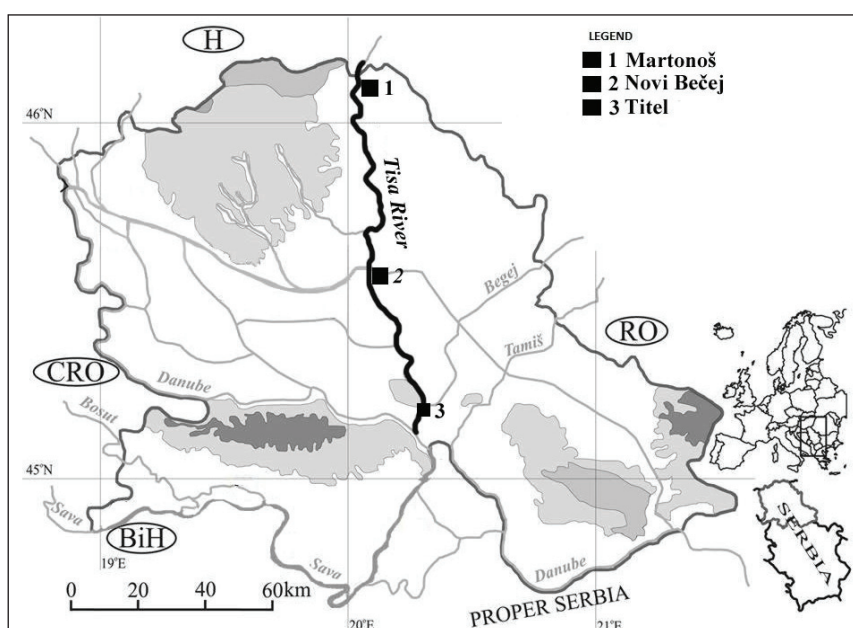
Корелациона анализа је статистички метод који се користи у валоризацији односно процени јачине везе између две варијабле (Franzese and Iuliano, 2019). Уопштено посматрано, корелација се описује на основу коефицијента корелације који представља однос коваријансе са стандардном девијацијом две варијабле:

$$r_{xy} = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \sigma_y},$$

где r_{xy} представља Пирсонов коефицијент корелације између варијабли, x и y , док су σ_x и σ_y њихове стандардне девијације (Ma, 2019). Пирсонов коефицијент припада групи параметријских тестова, који су иначе поузданији односу на непараметријске тестове. Пирсонов коефицијент корелације користи се за варијабле на интервалној или односној лествици, која садржи податке који су у линеарном односу. Уколико су подаци међусобно повезани, а нису у линеарном односу тада се Пирсонов коефицијент корелације не може одредити. Вредности могу бити у распону од -1 до +1. Уколико је вредност позитивна, односно у распону од 0 до +1, она указује на раст вредности обе варијабле, што значи да порастом вредности једне варијабле расте и вредност друге варијабле. Међутим, уколико је вредност негативна, односно у распону од -1 до 0, то указује на пораст вредности једне варијабле, а пад вредности друге варијабле. Када је вредност коефицијента корелације једнака 0, тада не постоји линеарна повезаност међу подацима, тј. познавањем вредности једне варијабле не може се ништа закључити о вредности друге варијабле (Vulić, 2015).

Квалитет воде реке Тисе у Србији анализиран је на основу података који су узети са три различита профила. Анализирани су профили код Мартоноша, Новог Бечеја, и Титела (прилог 1). Праћен је интервал од четрнаестнаест година а мерења су вршена више пута годишње, углавном сваког месеца. Од низа параметара на основу којих се одређује квалитет површинске воде, у раду детаљније су обрађени и представљени следећи: температура воде, рН вредност, електропроводљивост, % засићености кисеоником, растворени кисеоник, БПК₅, суспендоване материје, укупни оксиди азота, нитрати, нитрити, ортофосфати, амонијумјон, сулфати, хлориди, укупни органски угљени, НРК_{кп}. Од климатских параметара обрађена је средња температура ваздуха, падавине и протицај.

Прилог 1. Положај реке Тисе и мониторинг профила у Војводини



РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Мерно место Мартонош

Анализирајући добијене резултате корелације код општих хемијских параметара за мерно место Мартонош (табела 1.) уочавамо да су рН вредности у незнатној корелацији са температуром воде док је протицај у слабој корелацији са рН вредности. Добијени вредности за температуру воде и температуру ваздуха су позитивни што значи да се са повећањем температура повећава се и рН вредност воде реке Тисе, док код падавине и протицаја вредности су негативни, што значи да приликом повећања падавина и протицаја, долази до смањења рН вредности. Суспендоване материје уско су повезане са ерозијом земљишта и речних канала, са транспортом нутријената, метала, индустријских отпадних вода и хемикалија намењених за аграрну производњу. Анализом добијених резултата температура воде и температура ваздуха, као и падавине с једне стране и суспендованих материја с друге стране, запажамо да имају незнатну корелацију, док је протицај у слабој корелацији са суспендованим материјама. Падавине и протицај имају позитивне вредности, тако да њиховим повећањем, повећава се и количина суспендованог материјала, односно дешава се израженије дејство речне дубинске и бочне ерозије. За температурне параметре, уочавамо негатива предзнак, што јасно говори да њиховим повећањем, концентрација суспендованих материја се смањује.

Када је у питању растворени кисеоник, запажамо да између њега и климатских параметара (температуре воде и температуре ваздуха) постоји слаба негативна корелација, док код падавина вредности су ниже и сврставамо их у групу незнатне корелације. Повећањем температуре воде долази до смањења раствореног кисеоника у води. Разлог тога јесте да у летњем периоду године, када су температуре воде и ваздуха повећане, дешава се да органске материје приликом распадања или разлагања троше знатну већу количину кисеоника у води у односу на хладнији период године. Повећањем падавина, смањује се количина раствореног кисеоника, док се са повећањем протицаја повећава и количина раствореног кисеоника. Између климатских и хидролошких параметара и БПК₅ не уочавамо статистички значајну корелацију, док код ХПК бележимо позитивну слабу корелацију (табела 1.). Између укупног органског угљеника и температуре не уочавамо статистички значајну корелацију, док је код падавина корелација назнатна. Повећањем падавина повећава се и количина ТОС-а. Када су у питању нутријенти (табела 1.), добијени резултати показују да између ових хемијских параметара, у односу на климатске и хидролошке параметре има највише средње јаких негативних корелација. Код нитрата (NO₃) уочавамо средње јаку негативну корелацију са температуром ваздуха и воде, док са протицајем уочавамо слабу позитивну корелацију. Код нитрита (NO₂) уочавамо незнатну негативну корелацију са температуром ваздуха и воде, док са падавинама и протицајем корелација је слаба и позитивна. Вредности имају негативан предзнак, тако да са повећањем климатских параметара и падавине, смањују се нитрати док са повећањем протицаја повећава се њихова количина. Повећањем температуре воде и ваздуха, вредности ортофосфата, амонијум јона и укупног азота се смањују. Ортофосфати су у слабој позитивној корелацији са падавином и протицајем. Амонијум јон и укупан азот имају средње јаку негативну корелацију са температуром воде и ваздуха, док је укупан азот у незнатној корелацији са протицајем.

Салинитет је важан фактор у одређивању многих хемијских особина природних вода и биолошких процеса у њој. То је термодинамичко стање варијабле која уз температуру и притисак, управља физичким својствима попут густине и топлотног капацитета. Електропроводљивост, хлор и сулфати имају негативне вредности са температуром, што значи да се са повећањем температуре, смањује количина салинитета у води (табела 1). Такође код падавина и протицаја, добијене вредности су негативне, што нас наводи на закључак, да се повећањем истих, смањује количина соли у води. Хлор такође има незнатну корелацију са падавином. Корелација код протицаја је најизраженија, нарочито код хлора где је коефицијент корелације средње јак и негативан, а електропроводљивост има слаб коефицијент корелације. Упоређујући узајамни однос између температура и хемијских параметара, уочавамо да електропроводљивост има незнатну корелацију, а слабу корелацију имају сулфати.

Табела 1. Вредности Пирсоновог метода корелације за мерно место Мартонош

Хемјски параметри	Температура воде	Температура ваздуха	Падавине	Протицај
рН вредности воде	0.105	0.092	-0.094	-0.278
Суспендоване материје	-0.176	-0.143	0.115	0.374
% засићености кисеоником	-0.051	-0.058	-0.266	-0.296
Растворени кисеоник	-0.26	-0.234	-0.169	0.097
БПК ₅	-0.024	-0.044	-0.068	0.035
ХПК(КМпО ₄)	0.034	0.056	0.262	0.488
Укупни органски угљеник	0.062	0.094	0.10	0.067
Нитрати NO ₃	-0.795	-0.773	-0.065	0.313
Нитрити NO ₂	-0.171	-0.165	0.208	0.297
Ортофосфати	-0.072	-0.073	0.285	0.231
Амонијум јон	-0.529	-0.521	-0.044	-0.007
Укупни азот		-0.687	-0.037	0.179
Електропроводљивост	-0.118	-0.121	-0.203	-0.367
Хлор	0.047	0.047	-0.169	-0.539
Сулфати	-0.236	-0.272	-0.077	-0.088

Напомена:

Незнатна корелација 0 – 0.2	Слаба корелација 0.2 – 0.5	Средње јака корелација 0.5 – 0.8
--	---	---

Мерно место Нови Бечеј

Када су у питању општи параметри, добијене вредности за мерно место Нови Бечеј (табела 2.) за температуру ваздуха, температуру воде, падавине као и за протицај су негативи што значи да приликом повећања ових параметара, долази до смањења рН вредности. Анализом резултата температуре воде и температуре ваздуха имају незнатну корелацију са суспендованом материјом, док је протицај у слабој позитивној корелацији са суспендованим материјама. Са повећањем протицаја долази и до повећања количине суспендованих материја.

Корелација је средње јака и негативна између раствореног кисеоника и температуре воде и ваздуха, док са падавином корелација је слаба а са протицајем незнатна. Између биолошке потрошње (БПК₅) постоји незнатна корелација са температуром ваздуха, док се са осталим параметрима неочава корелација. Протицај је у слабој а падавине у незнатној корелацији са ХПК. Уочавамо незнатну позитивну корелацију између укупног органског угљеника и температуре воде и ваздуха.

Код мерног места Нови Бечеј, скоро код свих нутријената уочавамо неку корелацију (табела 2.). Код нитрата уочавамо средње јаку негативну корелацију између температуре воде и ваздуха. Са падавинама уочавамо незнатну корелацију а са протицајем слабу корелацију. Код нитрита слаба је корелација са температуром воде и ваздуха, са падавинама незнатна а са протицајем поново слаба корелација. Повећањем климатских параметара повећава се и број ортофосфата, на шта указује незнатна корелација са температуром док са падавинама има слабу корелацију. Између температуре воде и ваздуха и амонијум јона постоји слаба негативна корелација, а са падавинама корелација је незнатна. Укупан азот има средње јаку негативну корелацију са температуром ваздуха и воде, са падавином незнатну док са протицајем корелација је слаба и позитивна.

Електропроводљивост има незнатну негативну корелацију са температуром воде и ваздуха, док падавине и протицај имају слабу корелацију. Такође у групи слабе негативне корелације спада хлор са падавином и протицај, и сулфати са температуром воде и ваздуха.

Табела 2. Вредности Пирсоновог метода корелације за мерно место Нови Бечеј

Хемијски параметри	Температура воде	Температура ваздуха	Падавине	Протицај
рН вредности	-0.096	-0.136	-0.086	-0.08
Суспендоване материје	-0.184	-0.101	0.094	0.451
% засићености кисеоником	-0.32	-0.31	-0.241	-0.08
Растворени кисеоник	-0.919	-0.86	-0.24	0.165
БПК ₅	0.106	0.093	-0.081	0.071
ХПК(КМnO ₄)	-0.053	-0.015	0.119	0.381
Укупни органски угљеник	0.144	0.146	0.054	-0.065
Нитрати NO ₃	-0.753	-0.708	-0.126	0.296
Нитрити NO ₂	-0.209	-0.221	0.115	0.25
Ортофосфати	0.189	0.152	0.209	-0.079
Амонијум јон	-0.463	-0.447	-0.156	-0.002
Укупни азот	-0.601	-0.566	-0.169	0.251
Електропроводљивост на 20°C	-0.118	-0.161	-0.239	-0.329
Хлор	0.052	0.033	-0.205	-0.474
Сулфати	-0.259	-0.256	-0.163	0.007

Напомена:

Незнатна корелација 0 – 0.2	Слаба корелација 0.2 – 0.5	Средње јака корелација 0.5 – 0.8
--	---	---

Мерно место Тител

Анализирајући добијене резултате корелације код општих хемијских параметара (табела 3.) уочавамо да рН вредности у односу на падавине и протицаја имају незнатну негативну корелацију. Суспендоване материје са једне стране и температура воде с друге стране имају незнатну негативну корелацију, а између протицаја и суспендованих материја постоји средње јака позитивна корелација.

Између раствореног кисеоника и температуре воде и ваздуха, запажамо средње јаку негативну корелацију, док је између протицаја и O₂ незнатна позитивна корелација. Код БПК₅ и ХПК уочавамо незнатну позитивну корелацију са температуром ваздуха и воде, а протицај је у слабој такође позитивној корелацији са ХПК (0.409). Незнатну позитивну корелацију уочавамо и између укупног органског угљеника и температуре воде и ваздуха. На крају вегетационог периода распад биљних остатака доводи до велике потрошње кисеоника. Хладна вода задржи више гаса него топла вода. Како вода постаје топлија, задржава мање раствореног кисеоника. Током летњих месеци количина раствореног кисеоника лимитирана температуром. До сличних резултата дошли су и аутори у раду Pantelić et al., 2015. На реци Тиси степен корелације регистрован је на мерном месту Тител и Нови Бечеј. Корелација је негативна, што значи да са повећањем температуре ваздуха проценат засићености кисеоника се смањује.

Код мерног места Тител уочавамо средње јаку негативну корелацију између нитрата и укупног азота са температуром воде и ваздуха (табела 3.). Код нитрата незнатна је корелација са падавинама, а са протицајем је слаба. Код нитрита једину незнатну корелацију уочавамо са протицајем. Ортофосфати су у слабој позитивној корелацији са климатским параметрима и падавинама. Код амонијум јона такође је слаба негативна корелација са температуром воде и ваздуха док је са протицајем незнатна. Средње јаку негативну корелацију уочавамо код укупног азота са температуром док је са протицајем корелација слаба.

Температура воде и падавине имају незнатну негативну корелацију у односу на електропроводљивост, док температура ваздуха и протицај имају слабу корелацију. Хлор је у незнатној негативној корелацији са падавином док слабу корелацију има са протицајем. Сулфати имају слабу негативну корелацију са температуром воде, а са падавином су у незнатној корелацији.

Табела 3. Вредности Пирсоновог метода корелације за мерно место Тител

Хемјски параметри	Температура воде	Температура ваздуха	Падавине	Протицај
рН вредности воде	-0.001	-0.02	-0.125	-0.165
Суспендоване материје	-0.11	-0.025	0.001	0.504
% засићености кисеоником	-0.01	-0.075	-0.207	-0.214
Растворени кисеоник	-0.872	-0.850	-0.282	0.176
БПК ₅	0.107	0.107	-0.002	0.085
ХПК(КМnO ₄)	0.114	0.16	0.012	0.409
Укупни органски угљеник	0.177	0.156	0.047	-0.091
Нитрати NO ₃	-0.754	-0.686	-0.112	0.41
Нитрити NO ₂	-0.048	0.008	0.088	0.144
Ортофосфати	0.249	0.210	0.254	0.025
Амонијум јон	-0.324	-0.329	0.088	0.109
Укупни азот	-0.565	-0.524	-0.078	0.35
Електропроводљивост на 20°C	-0.145	-0.215	-0.154	-0.348
Хлор	0.048	-0.051	-0.127	-0.499
Сулфати	-0.229	-0.223	-0.151	0.045

Напомена:

Незнатна корелација 0 – 0.2	Слаба корелација 0.2 – 0.5	Средње јака корелација 0.5 – 0.8
--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------

ЗАКЉУЧАК

Вода је кључни елемент животне средине и основна сировина у најважнијим привредним гранама. Њен квалитет и расположива количина тесно је повезана са климатским применама. Време представља тренутно стање, а клима се мења и мењаће се у будућности. Каква нас клима чека у будућности нико са сигурношћу не може предвидети. Промене климе на Земљи, човек осећа преко екстремних температура, падавина, олуја и осталих елементарних непогода. Јасно је да од климатских фактора зависи количина водног биланса река, али овај рад указао је на то да промене у квалитету воде нису у великој мери условљене променама климатских параметара. Доминантнији су антропогени утицаји загађења у односу на природне као што су промена климе.

Резултати истраживања температурних карактеристика у Србији и њихова корелација са квантитативним карактеристикама речних токова у њему, показују да корелациона веза постоји. Ова корелација није стална а квантитет зависи од периода године и контролних тачака.

Електропроводљивост би требала бити у позитивној корелацији са температуром ваздуха. Са повећањем температура ваздуха требала би се и електропроводљивост воде повећати. Резултати анализе за реку Тису показују негативан степен корелације између температуре ваздуха и електропроводљивости.

Суспендоване материје пуне речни канал седиментом и то су једињења за чију оксидацију микро организми троше кисеник. На тај начин угрожавају се врсте у водотоку које користе кисеоник. Појављује се два негативна ефекта због седиментације: прва је нагомилавање муља у водотоку а друга је еколошка штета због смањења концентрације раствореног кисеоника. На мерном месту Тител, суспендоване материје су у средње јакој корелацији са протицајем, односно са повећањем протицаја повећава се и количина суспендованог материјала.

Највећи утицај температура ваздуха и воде имају на концентрацију раствореног кисеоника. У питању је јака негативна корелација видљива на свим мерним местима. Са повећањем температуре и воде и ваздуха долази до смањења количине раствореног кисеоника, што се у великој мери одражава на квалитет воде реке Тисе.

Јаче изражена корелација видљива је и између климатских параметара и нутријената. Корелација је такође негативна. На свим мерним местима уочена је корелација између оксида азота и нитрата. Са смањењем температуре концентрација азота се повећава. Када је концентрација азота велика, долази до наглог бујања алги, након чијег угинућа се троши велика количина кисеоника за разлагање. Недостатак кисеоника негативно утиче на рибе.

Када је у питању салинитет, једина јака корелација регистрована је на мерном месту Мартонош и односи се на корелацију између хлорида и протицаја. Регистрована је негативна средње јака корелација, односно са повећањем протицаја количина хлорида у води се смањује.

На основу истраживања утврђено је да и природни фактори могу имати у одређеној мери утицај на повећање или смањење концентрације загађења у води током године, али да су антропогени утицаји много интензивнији.

Разумевање ових односа је кључно за ефикасно управљање водним ресурсима и за очување животне средине. Кроз свеобухватну анализу и интерпретацију података, ово истраживање има за циљ да пружи увид у сложене интеракције између климатских и хидролошких варијабли и параметара квалитета воде, доприносећи развоју стратегија за одрживо управљање речним екосистемом. Такође неопходан је континуирани мониторинг да би се спровеле ефикасне мере прилагођавања које промовишу дугорочну одрживост слатководних ресурса.

ЗАХВАЛНИЦА

Истраживање је подржао пројекат под називом: „Унапређење животне средине у Војводини у циљу прилагођавања климатским променама и смањења ризика од елементарних непогода“ (бр. 142-451-3485/2023-01) који финансира АП Војводина. Такође истраживање је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Ев.бр. 451-03-9/2021-14/ 200125)

ЛИТЕРАТУРА

- Babić G., Vuković M., Voza D., Takić Lj., Mladenović-Ranisavljević I. (2019). Assessing Surface Water Quality in the Serbian Part of the Tisa River Basin. *Pol. J. Environ. Stud.* 28(6), pp. 4073-4085 doi: 10.15244/pjoes/95184
- Delpla I., Jung A.-V., Baures E., Clement M., Thomas O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, 35 (8), 1225-1233.
- Franzese, M. and Iuliano, A. (2019). *Correlation Analysis*. Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology, Oxford: Academic Press.
- Josimov Dundjerski J., Savic R., Grabic J., Blagojevic B. (2017). Water Quality Trends of the Tisa River Along its Flow Through Serbia. *Rocznik Ochrona Srodowiska*, 19, pp.17-35 http://ros.edu.pl/images/roczniki/2017/01_ROS_V19_R2017.pdf
- Komatsu E., Fukushima T., Harasawa H. (2007). A modeling approach to forecast the effect of long-term climate change on lake water quality. *Ecological Modelling*, 209 (2-4), 351-366.
- Luo Y., Ficklin L.D., Liu X., Zhang M. (2013). Assessment of climate change impacts on hydrology and water quality with a watershed modeling approach. *Science of The Total Environment*, 450-451, 72-82.
- Ma, Z.J. (2019). *Correlation Analysis*. In: Quantitative Geosciences: Data Analytics, Geostatistics, Reservoir Characterization and Modeling, pp. 77-102, Springer: Switzerland. doi:10.1007/978-3-030-17860-4
- Murdoch P., Baron J., Miller T. (2000). Potential effects of climate change on surface-water quality in North America. *Journal of the American Water Resources Association*, 36 (2), 347-366.
- Pantelić, M., Dolinaj, D., Savić, S., Milošević, D. (2015). Water quality of the Pannonian Basin Rivers the Danube, the Sava, and the Tisa (Serbia) and its correlation with air temperature. *Thermal Science*, 19:2, 477-485.

Whitehead P. G., Wilby R. L., Battarbee R.W., Kernan M., Wade A. J. (2009). A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrological Sciences Journal*, 54 (1), 101-123.

Xia X. H., Wu Q., Mou X. L., and Y. J. Lai. (2014). Potential Impacts of Climate Change on the Water Quality of Different Water Bodies. *Journal of Environmental Informatics*, 1-14. doi: 10.3808/jei.201400263

Вељковић Н. (2015). *Воде Србије у времену прилагођавања на климатске промене*. Република Србија Министарство пољопривреде и заштите животне средине Агенција за заштиту животне средине.

Вулић М. (2015). *Употреба коефицијента корелације у процени порекла нитрата на подручју Загребачког водоносника*. Дипломски рад, Рударско-геолошко-нафтни факултет, Загреб.

Далмација Б., Бечић-Томин М., Малетић С., Агбаба Ј. (2018). *Могућност одрживог водосабдевања и климатске промене*. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за хемију, биохемију и заштиту животне средине, Нови Сад.

Павић Д., Месарош М., Живковић Н. (2010). Загађеност и квалитет воде реке Тисе у Србији. *Зборник радова Географског факултета*, LVIII, 47-62.

Сл. Гласник СРС, бр.5/68

THE INFLUENCE OF CLIMATIC AND HYDROLOGICAL PARAMETERS ON THE WATER QUALITY OF THE TISA RIVER IN SERBIA

**Milana Pantelić⁶, Dragan Dolinaj⁷, Vladimir Stojanović⁸, Nikola Milentijević⁹,
Mirjana Radulović¹⁰**

Abstract: Climatic and hydrological factors such as temperature, precipitation and flow play significant roles in shaping the physical and chemical characteristics of river water. This paper investigates the influence of these parameters on the water quality of the Tisa River in Serbia. Measurements were performed on a monthly basis, and the period 2008-2021 was analyzed. A correlation analysis was performed between each hydrological station (Martonoš, Novi Bečej and Titel) and the nearest meteorological station (Senta, Bečej and Zrenjanin). The variability of the following water quality parameters was analyzed: general parameters (pH and suspended solids), oxygen balance parameters (DO, BOD, COD, and total organic carbon), nutrients (nitrates, nitrites, orthophosphates, ammonium ions and total nitrogen) and salinity parameters (sulphates, chlorides and electrical conductivity) in relation to climatic (temperature and precipitation) and hydrological (flow) parameters in the Tisa River, section in Serbia. The obtained results clearly show that the climatic parameters and flow do not have a significant mutual relationship with the physical-chemical parameters that determine the water quality on the Tisa River. In other words, antropogenic action significantly reduced the quality of the Tisa River. Certain influences between climatic, hydrological and physico-chemical parameters are noticeable, and they are most expressed between flow and suspended materials (0.504), dissolved O₂ and water and air temperature (-0.919), nutrients (NO₃, NO₂ and total N) and water and air temperature (0.795), as well as flow and chlorine (-0.539). Understanding these relationships is crucial for effective water resource management and environmental conservation efforts. Through comprehensive analysis and data interpretation, this research aims to provide insights into the complex interactions between climatic and hydrologic variables and water quality parameters, contributing to the development of strategies for sustainable river ecosystem management. Continuous monitoring is also necessary to implement effective adaptation measures that promote the long-term sustainability of freshwater resources.

Key words: climatic parameters, hydrological parameters, physical-chemical parameters, Tisa River, Serbia

⁶ University of Novi Sad - Faculty of Sciences, Sq. Dositej Obradović 3, Novi Sad, Serbia, milanap@dgt.uns.ac.rs, ORCID: 0000-0001-9569-3388

⁷ University of Novi Sad - Faculty of Sciences, Sq. Dositej Obradović 3, Novi Sad, Serbia, dragan.dolinaj@dgt.uns.ac.rs, ORCID: 0000-0001-7558-6008

⁸ University of Novi Sad - Faculty of Sciences, Sq. Dositej Obradović 3, Novi Sad, Serbia, vladimir.stojanovic@dgt.uns.ac.rs, ORCID: 0000-0001-6792-2841

⁹ University of Priština in Kosovska Mitrovica - Faculty of Sciences and Mathematics, Ivo Lola Ribar St. 29, Kosovska Mitrovica, Serbia, nikola.milentijevic@pr.ac.rs, ORCID: 0000-0003-4450-844X

¹⁰ University of Novi Sad - Institute BioSense, PhD Zorana Đinđića 1, Novi Sad, Serbia, mirjana.radulovic@biosense.rs, ORCID: 0000-0001-6429-1845