

РЕЦЕНЗИЈА

НА ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА СО НАСЛОВ „ОПРЕДЕЛУВАЊЕ И ДИСТРИБУЦИЈА НА ХЕМИСКИ ЕЛЕМЕНТИ ВО ВОЗДУХ, ВОДА И СЕДИМЕНТИ ВО ПОДРАЧЈЕТО НА РЕКАТА ЛЕПЕНЕЦ ВО РЕПУБЛИКА КОСОВО“, ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р АДЕЛИНА ХАСКАЈ, ПРИЈАВЕНА НА ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП

Со Одлука број 0206-424/5 од 2.6.2026 година, донесена на 99. седница на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 (Природно-математички, биотехнички и техничко-технолошки науки) на Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, одржана на 15.6.2026 година, формирана е Комисија за оценка и одбрана на докторската дисертација под наслов „Определување и дистрибуција на хемиски елементи во воздух, вода и седименти во подрачјето на реката Лепенец во Република Косово“, на англиски јазик „Determination and Distribution of Chemical Elements in Air, Water and Sediments in the Lepenec River Area in the Republic of Kosovo“, од кандидатот м-р Аделина Хаскај, студентка на трет циклус докторски студии на студиската програма Инженерство за заштита на животната средина, во состав:

- проф. д-р Ѓорѓи Димов, претседател;
- проф. д-р Соња Лепиткова, интерен ментор;
- проф. д-р Мусај Паќаризи, екстерен ментор;
- проф. д-р Тена Шијакова-Иванова, член;
- проф. д-р Иван Боев, член.

Врз основа на деталното разгледување на доставената докторска дисертација, Комисијата во горенаведениот состав го поднесува следниов

ИЗВЕШТАЈ

Докторската дисертација на кандидатката м-р Аделина Хаскај, со наслов „Определување и дистрибуција на хемиски елементи во воздух, вода и седименти во подрачјето на реката Лепенец во Република Косово“, претставува научно истражување од областа на инженерството за заштита на животната средина, насочено кон утврдување на присуството, распределбата, можните извори и патиштата на транспорт на хемиските елементи во три меѓусебно поврзани медиуми: површински води, речни седименти и атмосферско таложение следено преку мовови.

Докторската дисертација е изработена на 217 страници. Основниот текст е систематизиран во вовед, општи карактеристики, цел и обем на студијата, методологија, резултати, дискусија, заклучок и препораки, референци и два анекса. Во трудот се презентирани 78 слики и 11 табели, преку кои се дадени прикази на студиското подрачје, теренските активности, локациите за земање примероци, аналитичките резултати, статистичките обработки, индексите на загадување и просторната распределба на испитуваните елементи. Ваквата структура овозможува следење на истражувањето од поставувањето на научниот проблем, преку теренското и лабораториското истражување, до статистичката анализа, дискусијата и финалните заклучоци.

Во **воведниот дел** кандидатката ги поставува основните мотиви за истражувањето, тргнувајќи од значењето на водните ресурси, ограниченоста на слатководните резерви и зголеменото влијание на урбанизацијата, индустријата, земјоделството и сообраќајот врз квалитетот на површинските води. Во истиот дел е дадено образложение за улогата на седиментите како резервоари на тешки метали и како индикатори за долгорочна контаминација на речните системи. Покрај водата и седиментите, во воведот е опфатено и значењето на атмосферското таложење, при што мововите се прикажани како соодветни биоиндикатори за следење на елементи кои се внесуваат преку воздухот.

Посебно е значајно што реката Лепенец во трудот не е третирана само како локален речен систем, туку како водотек што минува низ планински, рурални, урбани и индустриски подрачја и кој е поврзан со поширокиот хидролошки систем на Вардар. Во воведниот дел се нагласува и близината на долниот тек до границата со Република Северна Македонија, како и можноста за прекугранични ефекти. Овој аспект му дава дополнителна тежина на истражувањето, бидејќи состојбата на реката Лепенец има значење не само за локалната животна средина во Република Косово, туку и за поширокото управување со водите во регионален контекст.

Во второто поглавје, насловено како **Општи карактеристики**, кандидатката ги обработува основните карактеристики на површинските води, седиментите и вегетациските мовови. Во делот за површинските води се дава основа за разбирање на нивната улога во транспортот на растворени и суспендирани материи, додека во делот за седиментите се објаснува нивната функција како медиум во кој се акумулираат елементи под влијание на природни и антропогени процеси. Делот за мововите ја објаснува нивната употреба во биомониторингот на воздухот, имајќи ја предвид нивната способност да акумулираат елементи од атмосферското таложење.

Во истото поглавје е обработена и законодавната и регулаторната рамка за управување со водите и седиментите во Република Косово. Ваквиот пристап е важен бидејќи истражувањето не останува само на ниво на аналитичка геохемија, туку се поврзува и со институционалниот и регулаторниот контекст во кој треба да се толкуваат резултатите. Понатаму, во ова поглавје се дадени географските и хидролошките карактеристики на сливот на реката Лепенец, како и геолошката структура на истражуваното подрачје. Овие делови се значајни за понатамошната интерпретација, бидејќи природната литолошка основа е еден од главните фактори кои го контролираат присуството и распределбата на дел од испитуваните елементи.

Во третото поглавје **Цел и обем на студијата** јасно се дефинирани истражувачките цели. Основната насока на трудот е интегрирана проценка на концентрацијата, просторната распределба и можните извори на хемиските елементи во водата, седиментите и мововите долж реката Лепенец. Во рамките на истражувањето се обработени следните елементи: Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Sr, V и Zn. Изборот на овие елементи е соодветен за ваков тип истражување, бидејќи овозможува да се следат и елементи кои се поврзани со природната геолошка средина и елементи кои можат да укажуваат на урбани, индустриски, сообраќајни или други антропогени влијанија.

Во четвртото поглавје е дадена методологијата на истражувањето. Детално се претставени студиското подрачје, локациите за земање примероци, теренските активности, подготовката на примероците и лабораториските аналитички постапки. Истражувањето опфаќа 33 примероци вода, 33 примероци седимент и 20 примероци мов, земени долж течението на реката Лепенец. Примероците ги опфаќаат планинските делови на горниот тек кај Штрпце, урбаните подрачја околу Феризај, како и индустриските и низводните делови помеѓу Качаник и Хани и Елезит.

Кај примероците на вода се опишани постапките за земање, зачувување со азотна киселина и подготовка за анализа. Кај седиментите се опфатени постапките за собирање, сушење, просејување и подготовка за лабораториска анализа. Кај мововите, како биомониторинг материјал, се дадени местата на земање, начинот на подготовка и понатамошната аналитичка обработка. Во трудот е користен мовот *Hylacomium splendens*, што е соодветно за проценка на атмосферско таложење на елементи.

Во аналитичкиот дел се применети современи инструментални методи ICP-MS и ICP-OES за определување на главните и елементите во трагови. Покрај директните аналитички резултати, кандидатката користи и статистички и индикаторски пристапи, меѓу кои анализа на главни компоненти (PCA), Пирсонова корелација, фактор на контаминација (CF), индекс на геоаккумуляција (Igeo), индекс на оптоварување со загадување (PLI), индекс на загадување со тешки метали (HPI) и метален индекс (MI). Оваа методолошка поставеност овозможува резултатите да не бидат претставени само како концентрации, туку и како основа за проценка на изворите, степенот на контаминација и просторната дистрибуција на елементите.

Во петтото поглавје се презентирани резултатите од истражувањето. Резултатите се обработени по медиуми, односно одделно за води, седименти и мовови. Кај површинските води се прикажани физичко-хемиските параметри, концентрациите на металите, описната статистика, значајните Пирсонови корелации, индексот на загадување со тешки метали и металниот индекс. Дополнително е направена анализа на главни компоненти за избрани елементи во водите и просторна распределба на параметрите долж реката Лепенец.

Резултатите за водите покажуваат дека хидрохемискиот состав на реката во голема мера е условен од природната геолошка заднина, особено во горните делови од сливот каде што доминира карбонатна литологија. Истовремено, во делови од средниот и долниот тек се забележува локализирано збогатување со Fe, Mn и P, што упатува на влијанија кои не можат да се сведат само на природната геолошка основа. Во трудот е наведено дека најголем дел од концентрациите на металите во трагови во водата остануваат во рамките на меѓународните насоки, што е важен резултат при оцената на моменталната состојба на површинските води.

Во делот за седиментите е дадена описна статистика на елементите во 33 примероци, пресметани се фактори на контаминација за 20 тешки метали, индекс на геоаккумуляција за избрани елементи, како и индекс на оптоварување со загадување долж седиментите на реката Лепенец. Седиментите имаат посебно значење во ова истражување бидејќи тие претставуваат медиум во кој се акумулираат елементи и преку кој може да се следи подолгорочниот притисок врз речниот систем.

Во обработката на седиментите, никелот се издвојува како најзначаен елемент од аспект на еколошка загриженост. Анализите укажуваат дека неговата појава е поврзана со природната геолошка основа, но истовремено просторната распределба и индексите на контаминација овозможуваат да се согледаат и делови во кои постои низводно зголемување или акумулација. Во дискусијата на седиментите е прикажано дека првите две главни компоненти во РСА учествуваат со значаен дел од вкупната варијација, при што се издвојуваат врските помеѓу Ni, Cr и Co, додека Al, Fe, Mn и V се поврзуваат со литогената матрица. За Pb и Cd се забележуваат поинакви ориентации во анализата, што упатува на можни антропогени влезови.

Резултатите од мововите претставуваат посебна целина во рамките на докторската дисертација. Преку анализата на 20 примероци мов се следи атмосферското таложење на елементите во подрачјето на реката Лепенец. Во трудот се дадени основната статистика на концентрациите, корелациите помеѓу елементите, факторите на контаминација и просторните распределби на повеќе елементи во мововите. Овој дел ја проширува студијата надвор од класичната анализа на вода и седимент и овозможува посебен увид во влијанијата кои се пренесуваат преку воздухот.

Биомониторингот со мовови покажува географска варијабилност во атмосферското таложење на елементи како Cd, Pb, Zn и Ni. Ова е значајно бидејќи подрачјето на реката Лепенец е изложено на повеќе можни влијанија: индустриски активности кај Хани и Елезит, поранешниот рудник за никел во Иваја кај Качаник, цементарницата, густоот сообраќај долж автопатот Приштина–Скопје, како и урбани извори во средниот дел од сливот. На овој начин анализата на мововите ја надополнува сликата добиена од водите и седиментите.

Во делот на просторната распределба кандидатката дава голем број картографски прикази на елементите во мовови, седименти и вода. Овие прикази се важни бидејќи овозможуваат да се согледаат зоните со зголемени концентрации, нивната позиција во однос на природната геологија, урбаните средини, индустриските зони и низводниот транспорт. Просторните прикази кај седиментите и водите се особено значајни за разбирање на динамиката на реката Лепенец, бидејќи овој водотек не претставува изолиран систем, туку дел од поширока речна мрежа со регионално и прекугранично значење.

Во шестото поглавје, **Дискусија**, кандидатката ги поврзува резултатите од различните медиуми и ги толкува во контекст на геолошките, хидролошките, урбаните и индустриските услови во сливот на реката Лепенец. Во ова поглавје особено доаѓа до израз разграничувањето помеѓу геогените и антропогените извори на елементите. Геогените влијанија се поврзани со природната литолошка градба на подрачјето, додека антропогените влијанија се поврзуваат со индустриските активности, сообраќајот, урбанизацијата и локалните извори на загадување.

Во дискусијата е потенцирано дека распределбата на елементите во реката Лепенец не може да се објасни преку еден единствен извор. Кај дел од елементите доминира природната геолошка основа, кај други се забележуваат локализирани антропогени влијанија, додека кај седиментите дополнително значење имаат транспортот, депонирањето и можната ремобилизација на фините честички. Овој пристап е соодветен за ваков тип на истражување, бидејќи реките се динамични системи во кои водата, седиментот и атмосферскиот внес се меѓусебно поврзани.

Во седмото поглавје се дадени **Заклучок и препораки**. Заклучоците произлегуваат од резултатите добиени со анализа на водите, седиментите и мововите. Во нив се истакнува дека природната геолошка заднина има значајно влијание врз хидрохемискиот состав на реката Лепенец, особено во горниот тек, додека во средниот и долниот тек се појавуваат локализираните збогатувања кои се поврзуваат со урбани, индустриски и други антропогени влијанија. Кај седиментите никелот е издвоен како најзначаен елемент за следење, додека мововите покажуваат просторна варијабилност во атмосферското таложење на повеќе елементи во трагови.

Препораките се насочени кон потребата од континуиран мониторинг на водата, седиментите и атмосферското таложење, проширување на биомониторингот и понатамошни истражувања кои би овозможиле подобро разбирање на сезонските промени и процесите на транспорт на елементите. Овие препораки се оправдани со оглед на фактот што реката Лепенец е под влијание на природни и антропогени фактори, а воедно има и прекугранично значење преку својата поврзаност со поширокиот Вардарски систем.

Во осмото поглавје се дадени референците користени при изработката на трудот. Литературата ја поддржува теоретската, методолошката и интерпретативната основа на истражувањето и ја поставува студијата во контекстнаслични истражувањата за тешки метали, речни седименти, површински води и биомониторинг со мовови. Анексите содржат дополнителни податоци кои ја надополнуваат основната анализа и ја зголемуваат прегледноста на добиените резултати.

ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Комисијата за оценка на доставената докторската дисертација од кандидатката м-р Аделина Хаскај под наслов „Определување и дистрибуција на хемиски елементи во воздух, вода и седименти во подрачјето на реката Лепенец во Република Косово“, по деталниот преглед на трудот, го доставува следниов заклучок.

Од целокупната содржина на докторската дисертација може да се констатира дека кандидатката успешно ја реализирала поставената истражувачка програма, применувајќи соодветни теренски, лабораториски и статистички методи. Добиените резултати претставуваат солидна основа за понатамошни истражувања и мониторинг активности во сливот на реката Лепенец, како и за подобро разбирање на интеракциите помеѓу водата, седиментите и атмосферското таложење во подрачја изложени на природни и антропогени влијанија.

1. Докторската дисертација ги содржи сите релевантни елементи предвидени за подготовка на докторски трудови од трет циклус студии.

2. Докторската дисертација е во согласност со пријавената тема и со предметот на истражување, а обработената проблематика е јасно поставена во рамките на инженерството за заштита на животната средина.

3. Научниот придонес на трудот се состои во интегрираното определување и толкување на дистрибуцијата на хемиските елементи во вода, седименти и атмосферско таложење следено преку мовови во сливот на реката Лепенец.

4. Трудот обезбедува систематизирани податоци за состојбата на три медиуми на животната средина во подрачје кое е под влијание на природни геолошки услови, урбани активности, индустриски капацитети и сообраќајна инфраструктура.

5. Посебен придонес претставува можноста за разграничување на геогените и антропогените влијанија врз распределбата на елементите, како и употребата на повеќе индекси и статистички методи за потврдување на интерпретацијата.

6. Истражувањето има значење и од регионален аспект, бидејќи реката Лепенец е поврзана со поширокиот Вардарски систем и нејзината состојба е важна за разбирање на прекуграничното движење на водите, седиментите и потенцијалните загадувачи.

Врз основа на сè досега наведено, Комисијата има чест да му предложи на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип да ја прифати позитивната рецензија на докторската дисертација под наслов „Определување и дистрибуција на хемиски елементи во воздух, вода и седименти во подрачјето на реката Лепенец во Република Косово“, изработена од кандидатката м-р Аделина Хаскај и да и одобри јавна одбрана на истата.

РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА

Проф. д-р Ѓорѓи Димов, претседател, с.р.

Проф. д-р Тена Шијакова-Иванова, член, с.р.

Проф. д-р Иван Боев, член, с.р.

Проф. д-р Мусај Паќаризи, член (екстерен ментор), с.р.

Проф. д-р Соња Лепиткова, член (интерен ментор), с.р.