

РЕЦЕНЗИЈА

НА ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА СО НАСЛОВ „МОДЕЛИРАЊЕ НА ПРОСТОРНАТА ДИСТРИБУЦИЈА НА ХЕМИСКИ ЕЛЕМЕНТИ ВО ПОЧВА, ВОДА И ВОЗДУХ ОКОЛУ РУДНИКОТ ЗА Fe-Ni ВО ГОЛЕШ, КОСОВО“, ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р ЕЛИДА ЛЕЦАЈ, ПРИЈАВЕНА НА ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП

Со Одлука број 0206-424/7 од 16.6.2026 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 15.5.2026 г., формирана е Комисија за оценка и одбрана на докторската дисертација под наслов „Моделирање на просторната дистрибуција на хемиски елементи во почва, вода и воздух околу рудникот за Fe-Ni во Голеш, Косово“, на англиски јазик „Modeling the spatial distribution of chemical elements in soil, water and air around the FeNi mine Golesh, Kosovo“, од кандидатката м-р Елида Лецај, студентка на трет циклус докторски студии во академската 2021/2022 година, на студиската програма Инженерство за заштита на животна средина, во состав:

- проф. д-р Горан Тасев, претседател;
- проф. д-р Соња Лепиткова, член;
- проф. д-р Марија Хаџи-Николова, член;
- проф. д-р Мусај Паќаризи, член (екстерен ментор);
- проф. д-р Тодор Серафимовски, член (интерен ментор).

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

ИЗВЕШТАЈ

Докторската дисертација на кандидатката м-р Елида Џемајл Лецај, со наслов „Моделирање на просторната дистрибуција на хемиски елементи во почва, вода и воздух околу рудникот за Fe-Ni во Голеш, Косово“ се базира на добивање на податоци за инженерство за заштита на животната средина со употреба на современ пристап, преку теренски, лабораториски и кабинетски активности.

Дисертацијата е систематизирана во *вовед, теоретски дел, цел на истражувањето, експериментален дел, резултати и дискусија, заклучоци и препораки и литература*. Докторската дисертација е изработена на 290 страници, текстот е поделен во 13 поглавја и 45 потпоглавја, содржи 28 слики/илустрации и 33 табели. Структурата е јасна, логично поставена и овозможува следење на научниот проблем од неговата хемиско-геохемиска и теоретска основа до експерименталната обработка, статистичко-геостатистичката интерпретација и финалните заклучоци.

Во почетните остварувања во рамките на оваа теза јасно се презентирани мотивите, предизвиците и целите кои требало да се изреализираат во текот на изработката на докторската дисертација во предвидениот рок. Поврзувајќи се на базните литературни податоци и реалните теренски услови кои опстојуваат на терен во непосредна близина на главниот град Приштина, во тезата се

посочени основните предизвици кои барале решение на нивото, степенот и начинот на загадување со тешки метали од рудникот за фероникел Голеш и топилницата во нивна непосредна околина. Поставени се главните предизвици корелирани со слични состојби во околината и многу пошироко во регионални рамки за што сведочат и користените литературни податоци.

Во второто поглавје кое е влезната насловена како **Општи карактеристики на поширокото подрачје на локалноста Голеш** се претставени регионалните конекции на регионалниот комплекс Голеш, главно во металогенетска смисла, со што зоната е дефинирана во регионални рамки. Имено, од поширок аспект локалитетот Голеш претставува една од најзначајните геолошки и металоцени зони на Косово, сместена во Вардарската зона, главна тектонска единица на централниот Балкански Полуостров. Оваа зона одиграла фундаментална улога во формирањето на офиолитските комплекси и придружните латеритски наслаги Fe-Ni, кои се широко распространети низ регионот.

Рудникот „Голеш“ претставува маркантен објект на територијата на Косово кој долги низ на години овозможил експлоатација на фероникелни руди за потребите на топилницата за фероникел во неговата непосредна околина. Неговиот развојен пат имал полно позитивни економски ефекти, но секако продуцирал и негативни ефекти врз животната средина. Рудникот „Голеш“, лоциран во централниот дел на Косово во близина на селото Магура, е еден од најзначајните ултрамафични масиви во зоната Вардар, кој се карактеризира со значителна минерализација на никел и кобалт, а првите документирани податоци за магнезитските жици во ултрамафичниот комплекс датираат уште од далечната 1923 година. Геолошките и рударските активности во оваа област имаат долга и сложена историја, тесно поврзана со економскиот и индустрискиот развој на Косово.

Во четвртото поглавје е даден приказ на металогенетската припадност на Fe-Ni орудувањата во Голеш на Косово која е дефинирана од нејзиниот просторен и временски распоред диктиран од условите на пространата Српско-македонска металогенетска провинција во која се издвоени серија на офиолитски комплекси како основни носители на латеритски наоѓалишта на железо во регионална смисла. Тука треба да се потенцира дека наоѓалиштата на фероникел во Косово се доминантно развиени во централниот дел на земјата и се тесно поврзани со ултрамафичните комплекси кои припаѓаат на Вардарската зона. Никелот и кобалтот се појавуваат заедно во овие геолошки средини и се генетски поврзани со атмосферските влијанија и промената на перидотитските и серпентинитските карпи. Најзначајните појави се лоцирани во масивот Голеш и околните области, вклучително и Главница (Кодрина), Чикатова (Душкаја и Сука), Магура и понатаму на север кон Бакс и Трстеник.

Во петтото поглавје се прикажани геолошките карактеристики на областа Голеш, а во непосредна врска со регионалните геолошки комплекси кои природно се поврзани и ги чинат нивните главни карактеристики. Имено, мора да се потенцира дека територијата на Косово претставува многу сложена и хетерогена геолошка структура, која се протега од доцниот протерозоик до холоценот, одразувајќи бројни тектонски, магматски и седиментни процеси. Во регионалната структура доминираат две главни тектонски единици: Вардарската зона и зоната Дреница-Кораб, разделени со тектонски линии со општа ориентација СЗ-ЈИ. Една од најважните карактеристики е присуството

на офиолитските појаси, составени од ултрабазични и мафични карпи (серпентинити, харцбургити и дунити), кои претставуваат фрагменти од мезозојската океанска литосфера Тетис. Тие појаси се резултат на процесите на обдукција при затворањето на Вардарскиот океан и се од големо металогенско значење за наоѓалиштата на Ni, Co, Cr и Fe.

Во шестото поглавје се дадени карактеристиките на индустрискиот капацитет Голеш од аспект на загадувањето со метали на околната средина. Тука особено било потенцирано дека рударските и индустриските активности во Косово, а посебно оние поврзани со ултрамафичната и латеритската минерализација, со децении биле важна индустриска зона со значителни влијанија врз животната средина. Во овој контекст, рударско-индустрискиот комплекс Голеш претставува клучна индустриска единица за анализа на капацитетот и потенцијалот за загадување со тешки метали, а ова поставено наспроти два други главни центри за екстракција на метали во Косово: рудниците за никел Главица-Чикатово и производството на магнезит Магура-Голеш.

Во рамките на седмото поглавје во дисертацијата се посочени неколку можности на сериозни загадувања од кои за посебно потенцирање е индустрискиот капацитет за топење на фероникелните руди. Ова е сериозен извор не само на контаминација на почвите и водите, туку и атмосферата која продуцира честички кои современо се таложат на еден поширок ореол околу топилницата и чинат загадување на агрокултурите, почвите и секако водите. Како можни загадувачи кои не се директно поврзани со индустриските капацитети за продукција на Fe-Ni руди, се посочени и регионалните и локалните патишта, меѓународниот аеродром во Приштина, како и антропогените загадувања поврзани со агрокултурите (во прв ред фосилните ѓубрива).

Во осмото поглавје кое директно се однесува на репрезентативните тешки метали и придружните елементи како загадувачи во испитуваната област Голеш, најпрво е потенцирано дека ултрамафичниот масив Голеш претставува геохемски сложена средина каде природно покачените концентрации на минералите богати со магнезиум и никел коегзистираат со антропогените загадувачи кои произлегуваат од историските рударски и индустриски активности. Геолошкиот состав на масивот, во комбинација со децениското ископување, транспортот на рудата, механичката обработка, користењето гориво и лошото управување со отпадот, создале услови во кои низа тешки метали и придружни елементи се констатирани во околните почви, седименти и водни патишта. Меѓу нив, никелот, хромот, кобалтот и железото претставуваат доминантни елементи директно поврзани со ултрамафичните карпи и активностите поврзани со рударењето на фероникел, додека оловото, цинкот и бакарот се примарно поврзани со антропогените влезови.

Во деветтото поглавје е даден детален опис на истражувачкиот дел кој се однесува на дефинирање на просторот за севкупните планирани истражувања, кои во себе вклучувале опробување на почвите, во кои се вклучени вкупно 165 земени мостри од претходно дефиниран истражувачки простор околу наоѓалиштето Голеш. Потоа 30 мостри на вода дефинирани од проточни површински води чија мрежа ги опфаќа дефинираните простори за истражување кои коинцидираат со просторите од каде што се земени почвите.

По истиот принцип се одредени и местата на земање на проби од мовови, како основни апсорбенти на амбиенталното загадување.

Во десеттото поглавје, кое ја претставува сржта на докторската дисертација, се прикажани резултатите од земените проби и тоа сепаратно за почви, води и мовови. Приказот на резултатите вклучува табеларни информации во кои за почвите се прикажани сите резултати добиени со методата ICP-MS на преку 60 елементи, како и ICP-OES на преку 40 елементи. Покрај експлицитното истакнување на вредностите од сите строго дефинирани проби за сите елементи овде детално се прикажани и статистичките обработки на податоците кои вклучувале факторни анализи со појаснувања и компарации, кластерни анализи (исто така детално обработени и појаснети) со бројни корелации. Исто така, дадени се факторот на контаминација како важен индикатор на потврда на тезата за контаминирани почви со основни метали во кои доминираат никелот, кобалтот, хромот и железото. За одбележување е и пристапот на статистичко моделирање преку факторот на геоаккумуляција кој дава посебен придонес во појаснувањето на основните извори на контаминирање и разграничување на контаминираноста преку антропогените влезови и оние кои се резултат на геолошката средина. Во ова поглавје особено треба да се потенцираат фактографските податоци кои веродостојно ја отсликуваат реалната состојба со загадувањето на почвите преку моделски издржаните интерпретации направени со современите софтверски пакети. Олеатите на одделните елементи јасно ја отсликуваат состојбата на теренот преку информациите за секоја точка од која се земени мострите на терен.

Согласно со исказаните видувања поврзани со анализата на почвите доаѓаат и резултатите добиени од испитувањето на мововите. Сериозна е бројката на земени примероци од мов, кои се анализирани со ICP-MS, а добиените резултати не само што ги потврдуваат идентификуваните основни елементи на загадување во почвите, туку ја дополнуваат лепезата на контаминација од типичен антропоген извор, од редот на рудничките капацитети надополнети со аерозагадувањата кои се резултат и од посебни извори. Спроведената статистичка обработка на податоците јасно ја потврдува тезата дека сериозно загадување со основните метали Fe, Ni, Co доаѓа од индустриските капацитети, но мора да се потенцира дека аерозагадувањето доаѓа од други извори, како што е меѓународниот аеродром во Приштина од каде доаѓа контаминацијата, главно, со олово.

Водите претставуваат трет значаен сегмент во рамките на истражувањата спроведени во рамките на оваа дисертација и добиените резултати од софистицираните анализи во централните лаборатории при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип и во Канада, кои инцидираат со спрегата почви-мов-води. Разликата која може да се согледа во оваа компаративна анализа на главните контаминенти во почвите и мововите во однос на водите е што кај водите имаме ограничени подрачја во кои контаминентите покажуваат зголемени концентрации. Имено, оние хидрографски мрежи кои се наоѓаат во повисоките делови од дефинираниот терен на истражување се помалку контаминирани во однос на пробите земени од проточните води земени во пониските делови или деловите кои ги дренираат непосредните терени околу Рудникот „Голеш“ и топилницата за фероникел. За одбележување и во испитуваните води е дека

главни контаминенти се Ni, Co, Cr со тоа што степенот на загадување и ореолот на загадување кај водите е во функција на мигративноста на елементите. Валентноста на присутните елементи во водата, исто така, играла важна улога бидејќи VI^{-ct} валентниот хром е полесно детектирана форма на подолго опстанување во водените раствори. Моделирањето на резултати и факторните анализи е, исто така, методологија применета на мострите од вода.

Во единаесеттото поглавје **Наоди** во тезата таксативно се посочени оние вредности кои детално се опишувани во главното поглавје десет. Во ова поглавје е потенцирано дека во почвите се испитувани, анализирани, моделирани и потврдени како главни контаминенти Ni, Co, Cr и Fe. Во мововите по истиот принцип детално се испитани, проучени и дадени резултатите кои најмногу ги детектираат аерозагадувањата во кои покрај основните полутанти се набележуваат и Pb, Zn и Cu. Во водите наодите ги потврдуваат основните контаминенти во кои доминира никелот, но јасно укажуваат на ореолот на зголемени концентрации на тешките метали само во делот каде што хидрографската мрежа ги покрива терените околу Рудникот „Голеш“ и топилницата за фероникел.

Во поглавјето **Заклучоци**, кое е дванаесетто поглавје во оваа докторска дисертација, треба да се потенцира дека предметното истражување е интегрирана проценка на дистрибуцијата на тешки метали во почвата, водата и атмосферските биомонитори (мовови) во областа Голеш, регион со изразен ултрамафичен состав и интензивна рударска активност. Резултатите добиени преку лабораториските анализи (ICP-MS и ICP-OES), поддржани со напредни статистички анализи, покажале дека еколошкиот систем на оваа област е контролиран од интеракцијата на геогени и антропогени фактори. Исто така, за потенцирање е и фактот дека толкувањето на податоците потврдило дека распределбата на елементите не е хомогена, туку е под влијание на литологијата, индустриските активности, атмосферскиот транспорт и хидролошките процеси.

Во тринаесеттото поглавје, по азбучен ред се внесени сите библиографски единици кои се користени и цитирани во докторската дисертација.

ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Комисијата за оценка на доставената докторска дисертација од кандидатката м-р Елида Лецај под наслов „Моделирање на просторната дистрибуција на хемиски елементи во почва, вода и воздух околу рудникот за Fe-Ni во Голеш, Косово“ по деталниот преглед на дисертација го доставува следниов заклучок.

1. Докторската дисертација ги содржи сите релевантни елементи предвидени за подготовка на докторски дисертации.

2. Докторската теза „Моделирање на просторната дистрибуција на хемиски елементи во почва, вода и воздух околу рудникот за Fe-Ni во Голеш, Косово“ од кандидатката м-р Елида Лецај е целосно во согласност со тезата и образложението наведени во апликацијата за темата.

3. Научниот придонес на оваа дисертација се состои во јасен и видлив придонес при детектирањето на изворите, дистрибуцијата и концентрацијата на тешките метали, во прв ред Ni, Co, Cr и Fe, околу рудникот Fe-Ni Голеш на Косово и околу топилницата за фероникел во околината на Голеш. Евидентен

е придонесот на утврдување, дефинирање, нормирање и евидентирање на основните полутанти во почвите, водите и мововите, кои најнепосредно дадоа резултати за атмосферското антропогено загадување. Ова е студија која ги детектираше главните насоки за понатамошниот концепт на дејствување заради заштита на комплетната околина и особено човечкиот фактор.

Врз основа на се досега наведено, Комисијата има чест да му предложи на Наставно-научниот совет на докторски студии на КАМПУС 2 при Универзитет „Гоце Дечев“ во Штип да ја прифати позитивната рецензија на докторската дисертација под наслов „МОДЕЛИРАЊЕ НА ПРОСТОРНАТА ДИСТРИБУЦИЈА НА ХЕМИСКИ ЕЛЕМЕНТИ ВО ПОЧВА, ВОДА И ВОЗДУХ ОКОЛУ РУДНИКОТ ЗА FE-NI ВО ГОЛЕШ, КОСОВО“, на англиски јазик „Modeling the spatial distribution of chemical elements in soil, water and air around the FeNi mine Golesh, Kosovo“, од кандидатката м-р Елида Лецај и да и одобри јавна одбрана на истата.

РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА

Проф. д-р Горан Тасев, претседател, с.р.

Проф. д-р Соња Лепиткова, член, с.р.

Проф. д-р Марија Хаџи-Николова, член, с.р.

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

Проф. д-р Тодор Серафимовски, член (интерен ментор), с.р.