



Александар Јовановић<sup>1</sup> Милица Мишић<sup>2</sup>  
Јелена Димитријевић<sup>3</sup>, Димитрије Анђић<sup>4</sup>  
Марија Стојановић<sup>5</sup>, Јелена Петровић<sup>6</sup>, Мирослав Сокић<sup>7</sup>

Оригинални научни рад  
DOI: 10.5937/VIK25311J

## ФОТОКАТАЛИЗОВАНО УКЛАЊАЊЕ КАТЈОНСКЕ БОЈЕ ИЗ ОТПАДНИХ ВОДА ТЕКСИЛНЕ ИНДУСТРИЈЕ

**Резиме:** У овом раду, извршена је разградња боје метил љубичасте из воденог раствора при-  
меном фотокатализованих реакција. У ту сврху, коришћен је ZnO као фотокатализатор, а све  
реакције су вршене под дејством зрачења лампе која имитира Сунчево зрачење. Испитан је  
утицај концентрације фотокатализатора на ефикасност процеса, као и дистанца УВ лампе од  
раствора. Кинетика деградације је праћена путем УВ-Вид спектрофотометрије. Смањење кон-  
центрације катјонске боје је праћено на таласној дужини од 580 nm. Процент разградње боје  
био је преко 90% након 2 h реакције. Прелиминарни тестови су показали да предложени систем  
поседује могућност потенцијалне примене у одређеним индустријским системима за третман  
отпадних вода.

**Кључне речи:** фотокатализа, метил љубичаста, УВ-Вид спектрометрија, ZnO

## PHOTOCATALYZED REMOVAL OF CATIONIC DYE FROM TEXTILE WASTEWATER

**Abstract:** In this work, the degradation of methyl violet dye from an aqueous solution was performed  
using photocatalyzed reactions. For this purpose, ZnO was used as a photocatalyst, and all reactions  
were carried out under the influence of a lamp that imitates solar radiation. The influence of the pho-  
tocatalyst concentration on the efficiency of the process, as well as the distance of the UV lamp from

<sup>1</sup> Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, a.jovanovic-@itnms.ac.rs, ORCID: 0000-0001-9867-9282

<sup>2</sup> Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, m.misic-@itnms.ac.rs, ORCID: 0009-0001-8274-3136

<sup>3</sup> Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, j.dimitrije-@itnms.ac.rs, ORCID: 0000-0002-3830-2392

<sup>4</sup> Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, d.andjic-@itnms.ac.rs, ORCID: 0009-0001-6824-5202

<sup>5</sup> Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, marija.-stojanovic@itnms.ac.rs, ORCID: 0009-0005-8042-2661

<sup>6</sup> Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, j.petrovic-@itnms.ac.rs, ORCID: 0000-0003-4841-1899

<sup>7</sup> Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, m.sokic-@itnms.ac.rs, ORCID: 0000-0002-4468-9503



the solution, was examined. The kinetics of degradation were monitored by UV-Vis spectrophotometry. The decrease in the concentration of the cationic dye was monitored at a wavelength of 580 nm. The percentage of dye degradation was over 90% after 2 h of reaction. Preliminary tests have shown that the proposed system has potential application in certain industrial wastewater treatment systems.

**Key Words:** photocatalysis, methyl violet, UV-Vis spectrometry, ZnO

## 1. Увод

Вода представља један од најважнијих обновљивих ресурса. Захваљујући циклусу кружења у природи, она представља незамењиву ставку у исхрани, индустрији и пољопривреди. Развојем различитих грана привреде, у води је детектовано присуство разних органских загађујућих материја. Посебну групу чине боје, због количина и потенцијалних штетних ефеката по живи свет. Боја метил љубичаста пронашла је широку примену у индустрији боја, текстилној индустрији, микробиолошкој и здравственој примени [1].

Литературно су пронађени различити начини уклањања ове боје из отпадних вода. Поред адсорпције [1] и коагулације [2], посебно место заузима фотокаталитички процес [3]. Фотокатализа се заснива на генерисању оксидационих врста које потпомогнуте УВ зрачењем могу да разграде присутно органско или неорганско загађење. Карактеришу је одсуство потребе за додатком хемикалија и настајања нуспроизвода који захтевају даљи третман [4].

Различити оксиди метала су пронашли примену као фотоактивни материјали у третману вода. Посебну пажњу истраживача привукао је цинк-оксид (ZnO) због својих физикохемијских карактеристика. ZnO је полупроводнички материјал са широким енергетским процепом, обично око 3,37 eV [5]. ZnO коришћен је у различитим фотокаталитичким системима за деградацију боја [3], пестицида [6], фармацеутика [7], УВ филтера [8], заслађивача [9], итд.

Циљ овог рада је испитивање фотокаталитичких перформанси цинк-оксида (ZnO) као фотокатализатора за разградњу катјонске боје метил љубичасто под дејством УВ зрачења. У прелиминарним експериментима, варирани су почетна концентрација фотокатализатора и дистанца лампе од фотокаталитичког система. Добијени резултати треба да помогну у даљим испитивањима потенцијалне примене оваквих система у третману отпадних вода из текстилне индустрија.

## 2. Материјали и методе

### 2.1. Материјали

У фотодеградационим експериментима, коришћени су ZnO (Fisher Chemicals, САД), дестилована вода ( $18.2 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$ ), метил љубичаста (Sigma Aldrich, САД). За реакције је коришћен стаклени реактор са плаштом запремине 100 ml.

### 2.2. Методе

Фотодеградационе реакције су извођене по претходно објављеном раду Јовановић и сар. [10]. Укратко, у реактор са магнетним зрном су редом додати одређена маса



катализатора и водени раствор боје метил љубичасте. Реакција се првих 30 min одвијала у потпуном мраку уз мешање, након чега је укључена УВ лампа. У одређеним временским интервалима, раствор боје је узоркован и анализиран помоћу УВ-Вид спектрофотометрије (Shimadzu 1600, Јапан) на карактеристичном пику од 580 nm.

### 2.3. Прорачун кинетике

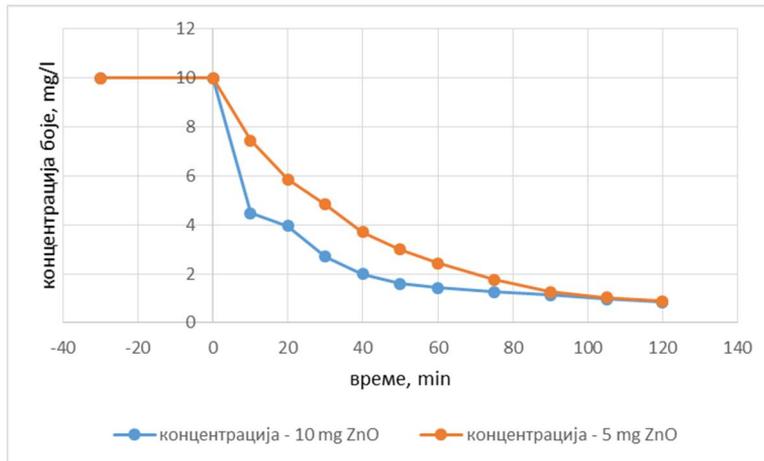
Кинетика фотокатализованих реакција праћена је применом Ленгмир-Хиншел-вудовог модела, чијим се поједностављењем добија следећа једначина:

$$\ln(c/c_0) = -k \cdot t \quad (1)$$

где су  $c$  и  $c_0$  концентрације загађујуће материје у раствору, у одређеном тренутку мерења  $t$  (min) и на почетку реакције,  $k$  ( $\text{min}^{-1}$ ) је константа брзине реакције. Уз прорачун константе брзине дати су коефицијенти корелације ( $R^2$ ).

### 3. Резултати и дискусија

На слици 1 приказане су криве деградације метил љубичасте у зависности од додате масе фотокатализатора у посматраном систему.



Слика 1. Смањење концентрације метил љубичасте са временом, у зависности од додате масе фотокатализатора

Figure 1. Decrease in methyl violet concentration with time, depending on the added mass of photocatalyst

Са графика се види да обе криве имају сличан облик, с тим да се деградација при већој маси ZnO (10 mg) одиграва брже. Овај феномен се може објаснити чињеницом да при већој маси фотокатализатора долази до формирања већег броја локација на површини цинк-оксида за генерисање парова електрон/шупљина ( $e^-/h^+$ ). На овај начин се подстиче одигравање фотооксидационих реакција при површини додатог фотокатализатора, а тиме се умањују време за одигравање реакције, а убрзава распад присутних молекула катјонске боје.



У табели 1 су приказани резултати кинетичких прорачуна фотокатализованих реакција.

Табела 1. Константе брзина посматраних реакција  
Table 1. Rate constants of observed reactions

Маса фотокатализатора	Константа брзине ( $\text{min}^{-1}$ )	$R^2$ (%)
10 mg	0,032	0,98
5 mg	0,018	0,97

Резултати прорачуна кинетичких параметара потврђују претходно добијене резултате праћења смањења концентрације метил љубичасте у посматраном реакционом раствору.

Када је испитан утицај дистанце УВ лампе од реактора, утврђено је да се на удаљености од 15 cm од површине раствора боје, у реактору постиже највећа ефикасност. На већим растојањима, пут који фотони треба да пређу је био дужи, самим тим њихов број који допре до раствора је био мањи. На мањим растојањима, примећено је испаравање присутне суспензије, те се ове дистанце нису даље испитивале.

#### 4. Закључак

Употреба фотокатализованих процеса нашла је свој значај у уклањању бројних органских и неорганских полутаната из отпадних вода. Главне предности овог процеса у односу на конвенцијалне процесе пречишћавања су: одигравање реакција при атмосферским условима, немање потребе за додатком хемијских реагенаса, могућност варирања извор зрачења, лако раздавање фаза након завршетка реакција, не настајање нус-продуката који захтевају даљи третман.

Да би се проширила употреба фотокатализе у постројењима за пречишћавање отпадних вода, овај рад би требало да подстакне даље континуиране дискусије међу стручњацима. Добијени резултати прелиминарних испитивања показују да предложени систем ефикасно може да уклони посматрану катјонску боју метил љубичасту под дејством имитирајућег Сунчевог зрачења додатком цинк-оксида као фотокатализатора.

#### Захвалница

Овај рад је подржало Министарством науке, технолошког развоја и иновација (број Уговора 451-03-136/2025-03/200023).

#### 5. Литература

- [1] Ali Nisreen S, Noor M. Jabbar, Saja M. Alardhi, Hasan Sh Majdi, and Talib M. Albayati. Adsorption of methyl violet dye onto a prepared bio-adsorbent from date seeds: Isotherm, kinetics, and thermodynamic studies. *Heliyon* 8, no. 8, 2022.
- [2] Goudjil, Sarah, Saadia Guergazi, Djamel Ghernaout, Djamel Temim, and Toufik Masmoudi. Brilliant green and methyl violet 2B dyes removal using aluminium sulfate (AS) in single and binary systems. *Desalination and Water Treatment* 319, 100539, 2024.



- [3] Shokry F, M. El-Gedawy, S. A. Nosier, and M. H. Abdel-Aziz. Optimizing photocatalytic degradation of methyl violet dye in a recirculating slurry-type reactor. *Results in Chemistry* 13 101980, 2025.
- [4] Jovanović A. Aleksandar, Mladen D. Bugarčić, Miroslav D. Sokić, Tanja S. Barudžija, Vladimir P. Pavićević, and Aleksandar D. Marinković. Photodegradation of thiophanate-methyl under simulated sunlight by utilization of novel composite photocatalysts. *Hemijska industrija* 78, no. 3 227-240, 2024.
- [5] Baig Alishay, Mohsin Siddique, and Sandeep Panchal. A Review of Visible-Light-Active Zinc Oxide Photocatalysts for Environmental Application. *Catalysts* 15, no. 2, 100, 2025.
- [6] Khan Samreen Heena, and Bhawana Pathak. Zinc oxide based photocatalytic degradation of persistent pesticides: A comprehensive review. *Environmental nanotechnology, Monitoring & management* 13, 100290, 2020.
- [7] Majumder Soma, Somenath Chatterjee, Parita Basnet, and Jaya Mukherjee. ZnO based nanomaterials for photocatalytic degradation of aqueous pharmaceutical waste solutions—A contemporary review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 14, 100386, 2020.
- [8] Soto-Vazquez, Loraine, Maria Cotto, Carmen Morant, Jose Duconge, and Francisco Marquez. Facile synthesis of ZnO nanoparticles and its photocatalytic activity in the degradation of 2-phenylbenzimidazole-5-sulfonic acid. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 332, 331-336, 2017.
- [9] Wang Zhao, Giang Nguyen Song Thuy Thuy, Varsha Srivastava, Indu Ambat, and Mika Sillanpää. "Photocatalytic degradation of an artificial sweetener (Acesulfame-K) from synthetic wastewater under UV-LED controlled illumination. *Process Safety and Environmental Protection* 123, 206-214, 2019.
- [10] Jovanović Aleksandar, Marija Stevanović, Tanja Barudžija, Ilija Cvijetić, Slavica Lazarević, Anđelka Tomašević, and Aleksandar Marinković. Advanced technology for photocatalytic degradation of thiophanate-methyl: Degradation pathways, DFT calculations and embryotoxic potential. *Process Safety and Environmental Protection* 178, 423-443, 2023.