

# Spektroskopsko ispitivanje ikone slikane na drvenom nosiocu

Sofija R. Stojanović<sup>1</sup>, Maja D. Gajić-Kvaščev<sup>2</sup>, Ljiljana S. Damjanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Fakultet za fizičku hemiju, Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Beograd, Srbija

## Izvod

U ovom radu analizirana je ruska ikona slikana na drvenom nosiocu, darivana manastiru Pokrova Presvete Bogorodice kod Paraćina, nepoznatog porekla i autora. Slične ikone često se sreću na našim prostorima. U cilju karakterizacije korišćenih pigmenata i tehnike izrade, ikona je analizirana energetski disperzivnom rendgenskom fluorescentnom spektroskopijom (EDXRF) i mikro-ramanskom spektroskopijom. Potvrđena je upotreba olovo bele, vermilion, minijuma, ultramarina, smeđih i zelenih zemljanih pigmenata i srebra u kombinaciji sa žutim organskim lakom, što je ikonopiscu poslužilo kao imitacija pozlate. Kao punilac podloge ikone korišćena je kreda (kalcijum-karbonat). Plavi pigment ultramarin je najverovatnije korišćen kako za plavu boju tako i za postizanje određenih tonova u većem delu bojenog sloja. Ovo može da bude značajan podatak za dalja ispitivanja koja se tiču određivanja porekla i ikonopisne škole u okviru koje je ikona rađena. Korišćeni materijali tipični su za ruski ikonopis 19. veka.

**Ključne reči:** ikona na drvenom nosiocu, EDXRF, mikro-ramanska spektroskopija, pigmenti.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

Istoričari umetnosti i konzervatori-restauratori, tradicionalno, koriste vizuelnu i mikroskopsku analizu za karakterizaciju umetničkih dela, pri tom se fokusirajući na tehniku, stil, boje i trenutno stanje umetničkog dela. Savremeni pristup podrazumeva kombinovanje ovih informacija sa rezultatima fizičko-hemijskih metoda analize [1]. Bliska saradnja naučnika iz oblasti prirodnih nauka, istoričara umetnosti i konzervatora-restauratora omogućava identifikaciju materijala koji su korišćeni pri izradi umetničkog dela, što je od izuzetnog značaja za rekonstrukciju "životne priče" samog dela. Na taj način se utvrđuje tehnologija izrade, proverava autentičnost i poreklo i doprinosi očuvanju kulturne baštine i izboru najpogodnijih procedura restauracije. Istovremeno se dobijaju dragocene informacije o veza između naroda, trgovinskim putevima i migracijama kulturnih grupa.

Kod ovog tipa ispitivanja uvek je prisutan problem uzorkovanja jer je neophodno izbeći oštećenja umetničkih dela. Odnos između rizika od mogućeg oštećenja dela i značaja informacija koji se dobijaju u toku analiza se mora pažljivo optimizirati pri svakom ispitivanju [2,3]. Značajan napredak u tom smislu je postignut razvojem nedestruktivnih analitičkih tehnika koje ne oštećuju ispitivane umetničke predmete i mogu se koristiti *in situ*, u slučajevima kada je nemoguće pomeranje ispitivanih predmeta [4].

Prepiska: Lj. Damjanović, Univerzitet u Beogradu, Fakultet za fizičku hemiju, Studentski trg 12, p.pr. 47, 11158 Beograd, PAK: 105305, Srbija.

E-pošta: [ljiljana@ffh.bg.ac.rs](mailto:ljiljana@ffh.bg.ac.rs)

Rad primljen: 30. april, 2014

Rad prihvaćen: 27. jun, 2014

NAUČNI RAD

UDK 75:543.424.2

*Hem. Ind.* 69 (4) 387–393 (2015)

doi: 10.2298/HEMIND140430053S

U ovom radu primenom dve mikro-analitičke tehnike, energetski disperzivne rendgenske fluorescentne spektroskopije (EDXRF) i mikro-ramanske spektroskopije, ispitivana je ikona koja je darivana manastiru Pokrova Presvete Bogorodice kod Paraćina 2007. godine. Ikona je poklon našeg državljanina koji je neko vreme živeo u Rusiji, odakle je ikonu i doneo. Fizičko-hemijska karakterizacija ikone ispitivane u ovom radu je značajna iz aspekta istorije umetnosti jer ne postoji dokumentacija o tome u kojoj je radionici ikona nastala, u kom vremenskom periodu, niti ko je bio autor. Istoričari umetnosti i konzervatori-restauratori su ikonu svrstali u grupu ikona slikanih u manastirskim radionicama koje su bile veoma popularne u Rusiji, a često se sreću na našim prostorima, gde su pristizale putem kupovine ili prilozima vernika. Jedan broj sličnih ikona doneli su ruski emigranti posle 1918. godine. Stil ikonopisa odgovara rešenjima iz 16. i 17. veka, s tim da se on na manastirskim ikonama ne menja sve do 20. veka. Na osnovu programa ikone, prikazane na sl. 1., ona se može svrstati u kategoriju tzv. Minejske ikone (u sredini je Vaskrsenje Hristovo, a oko su Veliki praznici).

Publikacije u kojima su prezentovane fizičko-hemijske analize istočnohrišćanskih religioznih slika su malobrojne. Pored toga što je značaj ovih umetničkih dela svetski priznat većina studija je orijentisana ka njihovim istorijskim i estetskim kvalitetima. Istorijski dokumenti u kojima su dati opisi materijala i tehnika korišćenih pri stvaranju ikona različitih stilova u različitim vremenskim periodima su sačuvani i dostupni istraživačima, međutim oni su često nepotpuni ili komplikovani za interpretaciju, pa je egzaktno utvrđivanje materijala i tehnika izrade ovih umetničkih dela veoma važno [5,6].



Slika 1. Analizirana ikona.  
Figure 1. Investigated icon.

Glavni cilj ovog rada bio je karakterizacija pigmenta ispitivane ikone što će omogućiti adekvatnu restauraciju i konzervaciju ikone, a od izuzetnog je značaja jer se ikone ovog tipa nalaze u mnogim našim crkvama.

## EKSPERIMENTALNI DEO

### Opis ikone

Dimenzije ispitivane ikone su 44,0 cm×34,0 cm×2,5 cm. Ikona je rađena tehnikom tempere na drvetu, koje je najverovatnije lipa. Daska je sastavljena iz dva dela zalepljena tutkalom, koje je vremenom popustilo pa se razdvojila. Sudeći po zakrivljenosti dasaka delovi su razdvojeni duže vreme. Nije ugrožena od crvotočine i u prilično je dobrom stanju. Na dasku je tutkalom nalepljeno platno, nakon čega je nanet sloj podloge. Poznato je da je za izradu podloga za ikone najčešće korišćen gips [5], i konzervatori su pretpostavili da je reč o levkasu (ruski naziv za gips koji je često u upotrebi [7]) u koji je urezan pripremni crtež koji se na pojedinim mestima vidi. Uočeno je da je bojeni sloj oštećen i da ima na sebi naslage prljavštine. Na pojedinim mestima bojeni sloj je još uvek prekriven slojem laka za koji su konzervatori imali dve pretpostavke: žuti šelak (njime su premazivane ikone u 19. veku, a često je korišćen u kombinaciji sa srebrom jer daje vizuelni efekat zlata) ili gold-lak (čilibar ili šafran nanesen na srebro). Na osnovu izgleda drveta na kome je ikona rađena procenjeno

je da potiče iz 19. veka. Ovo se podudara sa vremenom nastanka ikona sličnih po tipu od kojih se jedna čuva u Čeljabinskoj zavičajnoj galeriji slika u Rusiji. Ta ikona je rađena u okviru Nevjanske škole koja je svoj procvat doživela krajem 18. i u prvoj polovini 19. veka [8].

### Analitičke tehnike

EDXRF spektroskopija predstavlja najčešće korišćenu instrumentalnu tehniku za nedestruktivno ispitivanje predmeta kulturnog nasleđa. U ovom radu izvršena je kvalitativna analiza elementnog sastava podloge i pigmentata na bojenom sloju. Za analizu je korišćen mobilni spektrometar koji se sastoji od katodne cevi sa rodijumskom anodom (Oxford, maksimalnog napona 50 kV i maksimalne struje 1 mA) koja je opremljena posebno konstruisanim tačkastim kolimatorom pobudnog X-zračenja za njegovo što efikasnije fokusiranje na mernu tačku. Katodna cev je smeštena u kućište koje sprečava moguće rasejanje pobudnog X-zračenja u okolinu. Na ovo kućište montirani su Si-PIN detektor X-zraka (6 mm<sup>2</sup>/500 μm, sa Be prozorom 12,5 μm debljine) sa jedinicom za digitalnu akviziciju podataka (Amptek Inc., X123) i dva laserska pokazivača namenjena vizuelizaciji mernog mesta. Ovako dizajnirano kućište smešteno je na motorizovanoj platformi koja omogućava njegovo jednostavno i precizno kretanje duž sve tri ose. Spektrometar su konstruisali i opremili saradnici Laboratorije za hemijsku dinamiku Instituta za nuklearne nauke "Vinča". Eksperimentalni parametri za sva merenja su bili sledeći: rastojanje između površine ikone i vrha katodne cevi je bilo 22 mm i ugao između ose detektora i upadnog snopa X-zračenja 45°, napon katodne cevi je bio 40 kV, struja 800 μA i vreme snimanja 120 s. Ukupno su analizirane 23 tačke. Svi spektri snimani su direktno sa ikone.

Za dobijanje mikro-ramanskih spektara je korišćen Thermo Scientific DXR ramanski spektrometar opremljen mikroskopom. Eksperimentalni uslovi su bili: eksitaciono lasersko zračenje talasne dužine 532 nm, vreme ekspozicije,  $t = 2$  s, broj ekspozicija 15. Korišćena je rešetka sa 1800 ureza/mm, Olympus optički mikroskop aperture 25 μm, rezolucije 2 cm<sup>-1</sup>. Spektri su snimani u opsegu 50–1800 cm<sup>-1</sup>, na sobnoj temperaturi. Kako je tokom rada fluorescencija bila veoma izražena, korišćena je opcija svetlosnog izbeljivanja, u trajanju od 1 i 2 min. Identifikacija pigmentata izvršena je poređenjem snimljenih spektara sa spektrima čistih pigmentata iz baze podataka koja je napravljena na Fakultetu za fizičku hemiju ili sa spektrima dostupnim u literaturi [9].

### REZULTATI I DISKUSIJA

Drveni nosioc ispitivane ikone je razdvojen na dve polovine, što se može videti na sl. 1. Preliminarnim EDXRF spektroskopskim ispitivanjima su dobijeni identični rezultati za levu i desnu polovinu ikone, pa je

detaljno ispitivana samo leva strana ikone. Na slici 2 prikazana su mesta EXDRF merenja. Analizirano je šest karakterističnih partija bojenog sloja u više tačaka (crvena, bela, braon, zelena, plava i ljubičasta), "pozлата" i podloga. Snimani su spektri za tačke koje se nalaze na 3 kompozicije od ukupno 13 (jedna centralna i 12 koje je okružuju). Analizirane su i tačke na slikanom okviru, na kojem su uočeni ispisani nazivi kompozicija i floralni motivi.



Slika 2. Mesta EDXRF merenja na levoj polovini ikone.  
Figure 2. Positions on the left half of the icon where EXDRF measurements were performed.

Rezultati EDXRF ispitivanja pigmenata na ikoni dati su u Tabeli 1. EDXRF spektar snimljen u tački 12 crvene partije bojenog sloja prikazan je na slici 3.

Na tri EDXRF spektra snimljena u tačkama na crvenim partijama bojenog sloja identifikovana je živa, što je potvrda korišćenja jarko crvenog pigmenta vermilion (HgS). Vermilion se dobija od minerala cinabarita i jedini je crveni pigment koji u svom sastavu ima živu. Analizom EDXRF spektra snimljenog u tački 23 može se identifikovati intenzivan pik olova koji ukazuje na korišćenje minijuma ( $Pb_3O_4$ ).

EDXRF spektri snimljeni u tačkama na belim partijama bojenog sloja pokazuju intenzivan signal olova na osnovu čega je moguće identifikovati olovo belu kao beli pigment. Ovaj pigment korišćen je pri slikanju ispitivane ikone i kao osnovna boja i za nijansiranje drugih boja, jer je znatno većeg intenziteta u spektrima snimljenim u tačkama svetlijih tonova određene boje.

Vrlo intenzivni signali gvožđa dobijeni su EDXRF analizom braon partija bojenog sloja ukazujući na korišćenje smeđih zemljanih pigmenata. Karakteristični elementi u tragovima (Tabela 1) omogućavaju precizniju identifikaciju korišćenog pigmenta, tj. crvenog okera,  $Fe_2O_3$ . U analiziranim tačkama zelenog dela detektovani pik gvožđa je jedini koji može da ukaže na korišćeni pigment. Potvrda da je korišćena zelena zemlja su detektovani signali elemenata koji su u tragovima pratioci ovog pigmenta, a to su Cr, Mn, Ti+Ba [5,10]. Zemljani pigmenti imaju složeni hemijski sastav i vrlo često su korišćeni u mešavinama različitih odnosa. Za njihovo precizno određivanje neophodno je korišćenje drugih analitičkih tehnika i uzimanje uzorka sa ispitivanog predmeta [5].

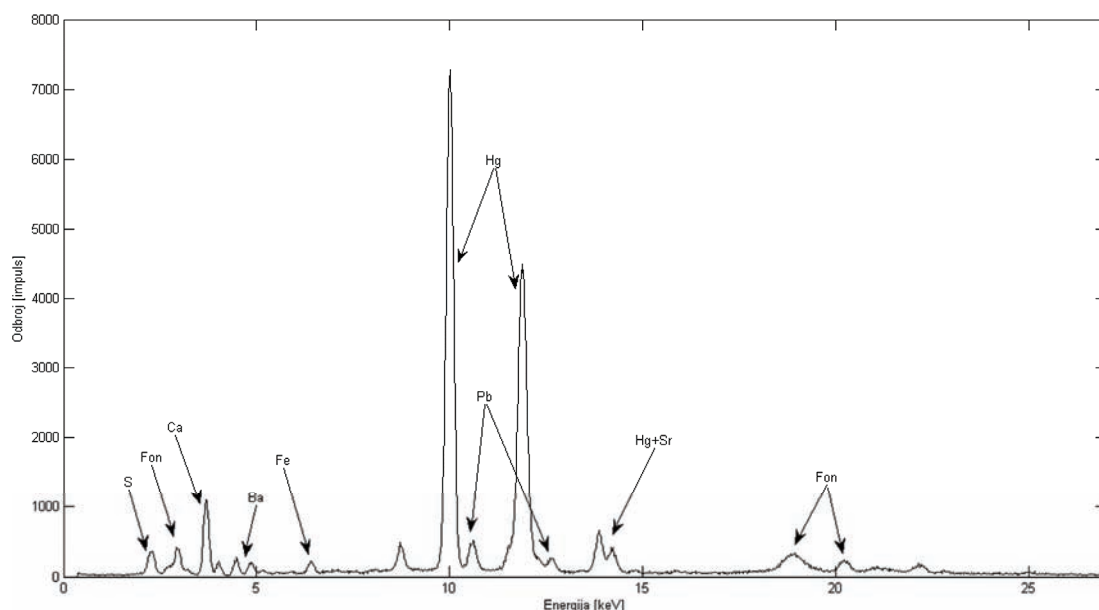
EDXRF spektri plave boje snimljeni su u ukupno šest tačaka: pet tačaka plave partije bojenog sloja i jednoj tački na plavoj liniji sa okvira ikone. Na pet EDXRF spektara snimljenih u tačkama plave partije bojenog sloja najintenzivniji je signal olova, dok je na EDXRF spektru snimljenom sa okvira ikone dominantan signal kalcijuma. Nije detektovan nijedan element koji bi

Tabela 1. Rezultati EDXRF analize pigmenata ispitivane ikone  
Table 1. Results obtained by EDXRF analysis of pigments on investigated icon

Boja	Analizirana tačka	Detektovani elementi <sup>a</sup>	Identifikovani pigmenti
Crvena	1, 2, 12	Hg, S (Ca, Sr, Ba, Fe)	Vermilion (HgS)
	23	Pb (Ca, Fe, Sr, Ba)	Minijum ( $Pb_3O_4$ )
Bela	4, 13	Pb (Fe, Ca, Sr, Ba, Cu)	Olovo bela ( $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ )
Braon	3, 5, 16	Fe (Ca, Ti+Ba, Cr, Pb, Sr)	Zemljani pigment-crveni oker ( $Fe_2O_3$ )
Zelena	14, 15	Fe (Cr, Mn, Ti+Ba, Sr)	Zelena zemlja
Plava	6, 7, 9, 10, 11, 18	Pb, Ca, Fe, Ba, Sr	–
Ljubičasta	8	Pb (Ca, Fe, Ba, Sr)	Minijum ( $Pb_3O_4$ )
"Pozlata"	17, 19, 22	Ag (Ca, Fe, Sr, Mn)	Srebro

<sup>a</sup>U zagradama su dati elementi identifikovani u spektrima, ali koji ne potiču od pigmenta koji je određen na datom bojenom sloju (ovi elementi mogu da potiču od primesa, nečistoća, iz podloge ili sloja preparture, a mogu da budu i iz pigmenta sa kojim je pigment osnovnog tona mešan da bi se dobila željena boja ili ton; informacije dobijene na ovaj način mogu da ukažu na slikarsku tehniku)





Slika 3. EDXRF spektar snimljen u tački 12 crvene partije bojenog sloja.  
Figure 3. EDXRF spectrum recorded at the spot 12 on the red part of paint layer.

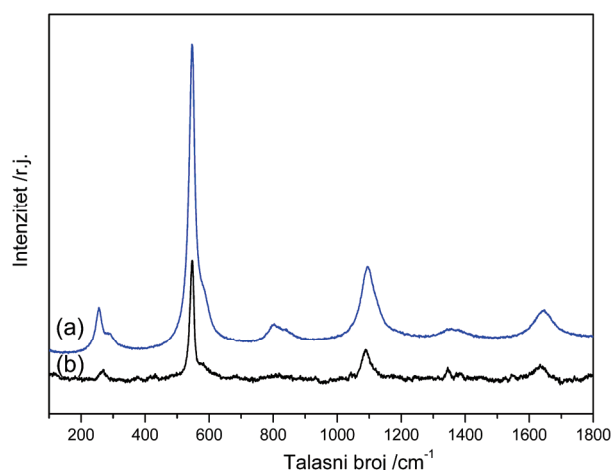
omogućio preciznu identifikaciju plavog pigmenta, već samo elementi iz podloge, podslika (premaz podloge, nanosi se pre bojenog sloja) ili mešavine sa plavom. Na osnovu detektovanog signala olova, sigurno je korišćen plavi pigment mešan sa olovo belom radi nijansiranja. S obzirom da nije detektovan nijedan karakterističan element za plave pigmente, može se pretpostaviti da je korišćen ili ultramarin ili indigo jer su u EDXRF spektrima detektovani signali elemenata (Tabela 1) koji često prate ova dva pigmenta [5].

Radi identifikacije korišćenog plavog pigmenta, uzeta je mala količina uzorka plave boje sa oštećenog dela bojenog sloja ikone i analizirana mikro-ramanskom spektroskopijom. Dobijeni ramanski spektar plave boje prikazan je na slici 4. Poređenjem sa referentnim spektrom utvrđeno je da je korišćen plavi pigment ultramarin ( $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{S}_2\text{O}_{12}$ ). Ramanskom spektroskopijom se ne može utvrditi da li se radi o prirodnom ili sintetičkom ultramarinu [11], što bi bilo od značaja za utvrđivanje radionice u kojoj je ikona nastala, već je neophodno koristiti druge analitičke metode.

EDXRF analizom jedne tačke ljubičaste partije bojenog sloja identifikovana je olovo bela, minimum i mala količina vermilion, na osnovu čega se može zaključiti da je ljubičasta boja dobijena mešanjem belog, crvenog i plavog pigmenta.

EDXRF analiza "pozlate" vršena je u tri tačke. U dva EDXRF spektra (tačke 17 i 19) detektovano je srebro. Ovaj rezultat potvrđuje pretpostavku konzervatora da je efekat pozlate postignut premazivanjem organskog laka ili boje, jer EDXRF metodom nije moguće detektovati jedinjenja organskog porekla.

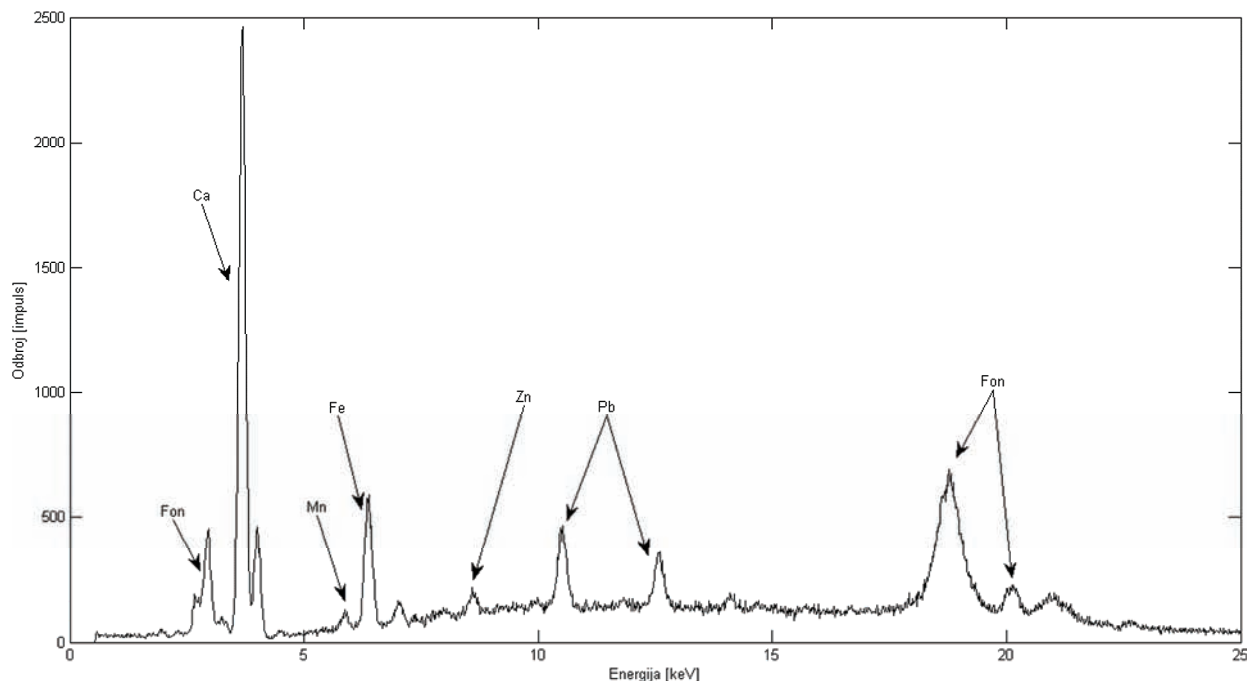
Pri analizi podloge, snimani su EDXRF spektri na oštećenim delovima gde nije bilo bojenog sloja. EDXRF



Slika 4. Ramanski spektri: a) čistog ultramarina iz baze podataka napravljene na Fakultetu za fizičku hemiju i b) uzorka plave boje sa ikone.

Figure 4. Raman spectra of: a) pure ultramarine from home made database and b) blue coloured sample taken from the icon.

spektar podloge snimljen u tački 20 prikazan je na slici 5. Signal kalcijuma je dominantan na oba EDXRF spektra podloge (tačke 20 i 21). Takođe, signal kalcijuma je prisutan u svim snimljenim EDXRF spektrima (23 ispitivane tačke). EDXRF spektroskopija pruža informacije o elementnom sastavu površine, ali kada se radi o višeslojnim uzorcima karakteristično X-zračenje može poticati iz više slojeva. U slučaju ispitivane ikone, može se u EDXRF spektrima očekivati pojava signala ne samo bojenog sloja već i podloge. Poznato je da se kao podloga za izradu ikona mogu koristiti kreda ili gips (kalcijum-karbonat ili kalcijum-sulfat) [5]. Signal kalcijuma koji je detektovan u svim snimljenim EDXRF spektrima



Slika 5. EDXRF spektar podloge snimljen u tački 20.

Figure 5. EDXRF spectrum of ground layer recorded at the spot 20.

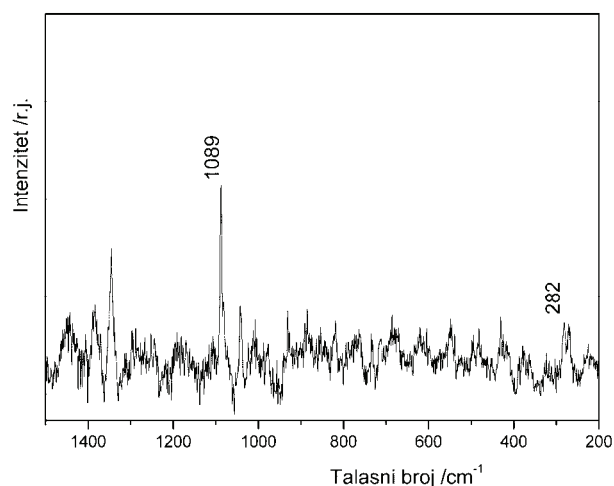
potiče od podloge, ali je ovom metodom nemoguće utvrditi o kojem se tačno jedinjenju radi.

Radi identifikacije jedinjenja korišćenog za podlogu snimljen je ramanski spektar uzorka podloge, slika 6, i na osnovu prisustva karakterističnih traka [9] utvrđeno je da je kao podloga korišćen kalcijum-karbonat, što opovrgava polaznu pretpostavku o sastavu podloge koju su dali konzervatori.

Signal gvožđa nije registrovan samo na jednom EDXRF spektru snimljenom u tački bele partije bojenog sloja. Ovaj rezultat ukazuje na to da je zemljani pigment koji u svom sastavu ima gvožđe korišćen za premazivanje podloge. Detekcija mangana na EDXRF spektrima (slika 5), koji je pratilac gvožđa u umbri, omogućila je preciznu identifikaciju zemljanog pigmenta koji je korišćen kao podslik.

U EDXRF spektrima 16 tačaka bojenog sloja (od 18 snimljenih) detektovan je barijum. U EDXRF spektrima podloge i "pozlate" barijum nije detektovan, što ukazuje da je barijum verovatno korišćen u vidu belog pigmenta barita ( $\text{BaSO}_4$ ) za postizanje određenih tonova.

U svim snimljenim EDXRF spektrima je detektovan signal stroncijuma. U tačkama bojenog sloja detektovani stroncijum je verovatno prisutan kao stroncijum-sulfat koji se javlja kao primesa barita. Međutim, ostaje otvoreno pitanje prisustva stroncijuma u tačkama u kojima nije registrovano prisustvo barijuma. Stroncijum-sulfat se može javiti u podlozi ikone pomešan sa kalcijum-sulfatom koji u ovom radu nije detektovan. Pitanje porekla stroncijuma prisutnog na ikonima je



Slika 6. Ramanski spektar podloge; obeležene su karakteristične trake kalcijum-karbonata.

Figure 6. Raman spectrum of ground layer; positions of characteristic peaks for calcium-carbonate are marked.

otvoreno ranije u literaturi [12] i predmet je daljih istraživanja.

Dobijeni rezultati ukazuju da je u izradi ispitivane ikone korišćen materijal karakterističan za ruski ikonopis 19. veka.

## ZAKLJUČAK

Analizirana je ruska ikona iz 19. veka, nepoznatog porekla i autora, kombinacijom EDXRF spektroskopije i mikro-ramanske spektroskopije. Utvrđeno je da su pri

izradi ikone korišćeni sledeći pigmenti: vermilion, minijum, olovo bela, ultramarin, barit i pretežno zemljani pigmenti za braon (crveni oker) i zelenu boju. Zemljani pigment umbra je korišćen i za premazivanje podloge što je po pravilu rađeno u okviru nekih ikonopisnih škola. Kao podloga korišćen je kalcijum-karbonat. U EDXRF spektru "pozlate" detektovano je srebro koje je verovatno premazano žutim organskim lakom.

Dobijeni rezultati mogu poslužiti za izbor najadekvatnije procedure restauracije, ali i istoričarima umetnosti u daljim istraživanjima. Interesantna činjenica da je za plavu boju kao i za dobijanje drugih boja (na pr. ljubičasta) korišćen ultramarin može biti značajan podatak za određivanje porekla ikone i radionice u kojoj je nastala.

### Zahvalnica

Autori duguju zahvalnost Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za finansijsku podršku (projekti OI 177021 i OI 177012), dr Danici Bajuk-Bogdanović za pomoć pri snimanju raman-skih spektara, kao i dr Danieli Koroliji-Crkvenjakov konzervatoru-restauratoru Galerije Matice srpske, profesoru dr Nenadu Makuljeviću sa Odseka za Istoriju umetnosti Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i konzervatoru-restauratoru Istorijskog muzeja Srbije gospodinu Bobanu Veljkoviću i kolegi Veliboru Andriću, dipl. fizikohemičaru, na korisnim diskusijama u toku realizacije rada.

### LITERATURA

[1] P. Ward, *The Nature of Conservation: The Race against Time*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, CA, 1989.

- [2] M. Ortega-Avilés, P. Vandenabeele, D. Tenorio, G. Murillo, M. Jiménez-Reyes, N. Gutiérrez, *Spectroscopic investigation of a "Virgin of Sorrows" canvas painting: A multi-method approach*, *Anal. Chim. Acta* **550** (2005) 164–172.
- [3] P. Dredge, R. Wuhrer, M.R. Phillips, *Monet's Painting under the Microscope*, *Microsc. Microanal.* **9** (2003) 139–143.
- [4] A. Adriaens, *Non-destructive analysis and testing of museum objects: An overview of 5 years of research*, *Spectrochim. Acta, B* **60** (2005) 1503–1516.
- [5] D. Korolija-Crkvenjakov, V. Andrić, M. Marić-Stojanović, M. Gajić-Kvaščev, J. Gulan, N. Marković, *Ikonostas crkve manastira Krušedola*, Galerija Matice srpske, Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Beograd, 2012.
- [6] S. Sotiropoulou, S. Daniilia, *Material Aspects of Icons. A Review on Physicochemical Studies of Greek Icons*, *Acc. Chem. Res.* **43** (2010) 877–887.
- [7] I.C.A. Sandu, S. Bracci, I. Sandu, M. Lobefaro, *Integrated Analytical Study for the Authentication of Five Russian Icons (XVI–XVII centuries)*, *Microsc. Res. and Tech.* **72** (2009) 755–765.
- [8] *Уральская историческая энциклопедия* — UrO RAN, Institut istorii i arheologii, Akademkniga, Ekaterinburg, 2000.
- [9] I.M. Bell, R.J.H. Clark, P.J. Gibbs, *Raman spectroscopy library of natural and synthetic pigments (pre- ~1850 AD)*, *Spectrochim. Acta, A* **53** (1993) 2159–2179.
- [10] D. Hradil, T. Grygar, J. Hradilova, P. Bezdička, *Clay and iron oxide pigments in the history of painting*, *Appl. Clay Sci.* **22** (2003) 223–236.
- [11] I. Osticioli, N.F.C. Mendes, A. Nevin, Francisco P.S.C. Gil, M. Becuccia, E. Castellucci, *Spectrochim. Acta, A* **73** (2009) 525–531.
- [12] L. Burgio, R.J.H. Clark, K. Theodoraki, *Raman microscopy of Greek icons: identification of unusual pigments*, *Spectrochim. Acta, A* **59** (2003) 2371–2389.

**SUMMARY****SPECTROSCOPIC STUDY OF AN ICON PAINTED ON WOODEN PANEL**Sofija R. Stojanović<sup>1</sup>, Maja D. Gajić-Kvaščev<sup>2</sup>, Ljiljana S. Damjanović<sup>1</sup><sup>1</sup>*University of Belgrade, Faculty of Physical Chemistry, Belgrade, Serbia*<sup>2</sup>*University of Belgrade, Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Serbia*

(Scientific paper)

Russian icon painted on wooden panel analyzed in this work is interesting for art historians because there is no precise information in which workshops it was made or who the author was. Similar icons are often found in churches and monasteries in our region. In order to obtain information about materials used for creation of investigated icon two micro-analytical techniques were used: Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence spectroscopy (EDXRF) and micro-Raman spectroscopy. Obtained results confirmed presence of following materials: lead-white, vermilion, minium, ultramarine, brown and green earth pigments and silver in combination with yellow organic varnish, which served to an iconographer for gilding. Ground layer was made of calcite. Blue pigment ultramarine was probably used for blue colour as well as for obtaining particular hues in several parts of the paint layer. This can be important information for further research concerning particular workshop in which the icon was made. Identified materials are typical for Russian iconography of the 19<sup>th</sup> century.

*Keywords:* Icon on a wooden panel • EDXRF • Micro-Raman spectroscopy • Pigments