



PRVI SKUP SEKCIJE ZA ARHEOMETRIJU, ARHEOTEHNOLOGIJU,
GEOARHEOLOGIJU I EKSPERIMENTALNU ARHEOLOGIJU
SRPSKOG ARHEOLOŠKOG DRUŠTVA

**AKTUELNA
INTERDISCIPLINARNA
ISTRAŽIVANJA
TEHNOLOGIJE
U ARHEOLOGIJI
JUGOISTOČNE
EVROPE**

28. februar 2020.
zbornik radova

priređile
Selena Vitezović
Kristina Šarić
Dragana Antonović

Beograd,
2020.

CURRENT INTERDISCIPLINARY STUDIES IN TECHNOLOGY IN THE ARCHAEOLOGY OF THE SOUTH-EAST EUROPE
AKTUELNA INTERDISCIPLINARNA ISTRAŽIVANJA TEHNOLOGIJE U ARHEOLOGIJI JUGOISTOČNE EVROPE



First meeting of the Section for Archaeometry,
Archaeotechnology, Geoarchaeology
and Experimental Archaeology
of the Serbian Archaeological Society

**CURRENT INTERDISCIPLINARY STUDIES IN TECHNOLOGY
IN THE ARCHAEOLOGY OF THE SOUTH-EAST EUROPE**

**February 28th 2020
Conference proceedings**

Edited by
Selena Vitezović
Kristina Šarić
Dragana Antonović

Belgrade,
2020.

Prvi skup Sekcije za arheometriju,
arheotehnologiju, geoarheologiju
i eksperimentalnu arheologiju
Srpskog arheološkog društva

AKTUELNA INTERDISCIPLINARNA ISTRAŽIVANJA TEHNOLOGIJE U ARHEOLOGIJI JUGOISTOČNE EVROPE

**28. februar 2020.
Zbornik radova**

Priredile

Selena Vitezović
Kristina Šarić
Dragana Antonović

Beograd,
2020.

Izdavač / Published by:
Srpsko arheološko društvo
Beograd, Čika Ljubina 18-20

Za izdavača / For publisher:
Adam Crnobrnja

Organizacioni odbor / Organising committee:
Amalija Vitezović, Biblioteka grada Beograda
Danica Mihailović, Arheološki institut, Beograd
Vidan Dimić, Arheološki institut, Beograd
Alena Zdravković, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Naučni odbor / Scientific committee:
Dragana Antonović, Arheološki institut, Beograd
Vesna Bikić, Arheološki institut, Beograd
Vladica Cvetković, Srpska akademija nauka i umetnosti
Gordana Jeremić, Arheološki institut, Beograd
Ina Miloglav, Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Ana Mladenović, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
Tajana Sekelj Ivančan, Institut za arheologiju, Zagreb
Kristina Šarić, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
Nadezhda Todorova, Istorijfski fakultet, Univerzitet Sv. Kliment Ohridski, Sofija
Selena Vitezović, Arheološki institut, Beograd
Ivan Vranić, Arheološki institut, Beograd

Grafička priprema / Graphic layout:
Mihajlo Vitezović

Štampa / Printed by:
Glider Print, Beograd

Tiraž / Print run:
100

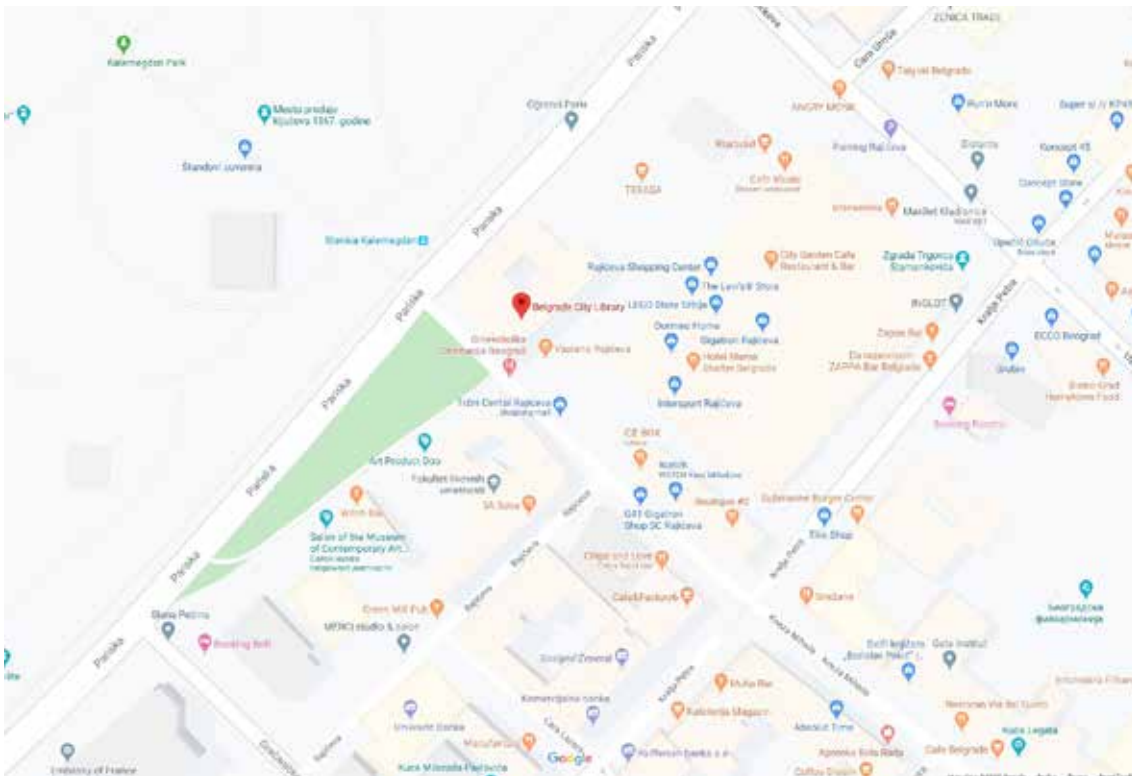
Naslovna stranica / Cover:
Ostaci rude bakra, praistorijski rudnik Prljuša (planina Rudnik, centralna Srbija).
Foto dokumentacija Arheološkog instituta.

**Zahvalnice: Skup su podržali Biblioteka grada Beograda,
Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu,
i Arheološki institut, Beograd**

ISBN 978-86-80094-10-6



Biblioteka grada Beograda smeštena je u zgradi nekadašnjeg hotela "Srpska kruna". Zgrada je podignuta 1869, od 1981. godine predstavlja nepokretno kulturno dobro kao spomenik kulture.



Biblioteka grada Beograda nalazi se u ulici Kneza Mihaila 56.

PROGRAM SKUPA

Petak, 28. februar 2020.

09.00-09.30	Registracija, podela materijala
09.30-09.40	Pozdravna reč
09.40-10.10	Plenarno predavanje Vesna Cvetkov, ZNAČAJ GEOGRAFSKE ŠIRINE ZA LOCIRANJE UZROČNIKA MAGNETNIH ANOMALIJA KOD PROSPEKCIJE ARHEOLOŠKIH LOKALITETA
10.10-10.25	Mirko Petković, Vesna Cvetkov, Milorad Ignjatović, Dejan Naumov, PRIMJENA MAGNETOMETRIJSKIH ISPITIVANJA NA ARHEOLOŠKOM LOKALITETU NEDELJKOVA HUMKA
10.25-10.40	Dragana Đurić, Jelena Vukčević, Dejan Vučković, Ivana Vasiljević, Vesna Cvetkov, TERENSKA NASTAVA IZ GEOFIZIKE: ARHEOLOŠKI LOKALITETI NA PODRUČJU TRSTENIKA
10.40-10.55	Jugoslav Pendić, PROBLEMI SISTEMATSKE PRIMENE ARHEOLOŠKE GEOFIZIČKE PROSPEKCIJE U SRBIJI
10.55-11.05	Diskusija
11.05-11.30	Pauza
11.30-11.45	Katarina Bogičević, Dragana D. Đurić, Draženko Nenadić, Barbara Radulović, Mihailo Jovanović, Aleksandra Savković, REKONSTRUKCIJA PALEOSREDINA NA OSNOVU SITNIH SISARA, HERPETOFAUNE I MEKUŠACA I NJENA PRIMENA U ARHEOLOGIJU
11.45-12.00	Katarina Bogičević, Draženko Nenadić, Dragana D. Đurić, Barbara Radulović, Aleksandra Savković, Mihailo Jovanović, ULOGA SITNIH KIČMENJAKA I MALAKOFAUNE U BIOSTRATIGRAFIJI PALEOLITSKIH NASLAGA
12.00-12.15	Vladica Cvetković, Kristina Šarić, Desimir Tanović, Aleksandar Stamenković, Vesna Matović, RANOVIZANTIJSKI LOKALITET CARIČIN GRAD: POREKLO VULKANITA I VULKANOKLASTITA KORIŠĆENIH KAO ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKI MATERIJAL
12.15-12.30	Kristina Šarić, Vesna Crnoglavac, Vladica Cvetković, MINERALOŠKO-PETROLOŠKA KARAKTERIZACIJA KAMENIH TESERA IZ MOZAIKA KONSTANTINOVE VILE U MEDIJANI
12.30-12.45	Kristina Penezić, (GEO)ARHEOLOŠKA BUŠENJA – METODE I MOGUĆNOSTI
12.45-12.55	Diskusija
12.55-13.45	Pauza

13.45-14.00	Alena Zdravković, Suzana Erić, Kristina Šarić, PRIMER MINERALOŠKE KARAKTERIZACIJE SREDNJOVEKOVNE ŠLJAKE IZ OBLASTI Pb-Zn RUDNIKA RUDNIK KAO DELA ISTRAŽIVANJA U ARHEOTEHNOLOGIJI
14.00-14.15	Ljubomir Jevtović, Suzana Erić, Kristina Šarić, Predrag Vulić, Ivan Bogdanović, Branimir Šegvić OPEKE VII KLAUDIJEVE LEGIJE SA LOKALITETA ČAIR - CASTRUM (VIMINACIJUM): PRELIMINARNA MINERALOŠKO-PETROLOŠKA ANALIZA
14.15-14.30	Andreja Sironić, Ines Krajcar Bronić, Damir Borković, Jadranka Barešić, AMS RADIOCARBON DATING OF ARCHEOLOGICAL SAMPLES AT THE ZAGREB RADIOCARBON LABORATORY
14.30-14.45	Miroslav Kočić, Brajan Henks, Marija Kaličanin Krstić, Mark Berman, Marko Grković, Petra Basar, Majkl Mlinec, ARHEOMETRIJSKI PRISTUP UPOTREBE NEINVAZIVNIH METODA U RAPIDNOJ KARAKTERIZACIJI PRAISTORIJSKIH LOKALITETA – STUDIJA SLUČAJA LOKALITETA KNEŽEVAC
14.45-15.00	Selena Vitezović, Dragana Antonović, Vidan Dimić, Danica Mihailović, ANALIZA TEHNOLOŠKIH SISTEMA U PRAISTORIJI: MOGUĆNOSTI I PRAVCI U ISTRAŽIVANJIMA
15.00-15.10	Diskusija
15.10-15.35	Pauza
15.35-15.50	Dragana Rajković, Suzana Antolin, Dražen Balen, Darko Tibljaš, KAMENE GLAČANE IZRAĐEVINE S LOKALITETA STARI PERKOVCI–DEBELA ŠUMA (OKOLICA ĐAKOVA, ISTOČNA HRVATSKA) – TIPOLOŠKA, TEHNOLOŠKA I MINERALOŠKO-PETROGRAFSKA ANALIZA
15.50-16.05	Igor Bjelić, CONSTRUCTING LATE ANTIQUE BARREL BRICK VAULTS WITHOUT FORMWORK ON THE TERRITORY OF TODAY'S SERBIA
16.05-16.20	Tena Karavidović, REKONSTRUKCIJA POSTUPKA PRŽENJA ŽELJEZNE RUDE: EKSPERIMENTALNI PRISTUP
16.20-16.35	Ana Đuričić, OVEN DAUB PRESERVATION IN THE ARCHAEOLOGICAL RECORD – VINČA CULTURE SITES
16.35-16.50	Milica Tapavički-Ilić, EKSPERIMENTALNA ARHEOLOGIJA I ARHEOTEHNOLOGIJA
16.50-17.00	Poster prezentacije Olga Bajčev, POLIHROMNO SLIKANJE U STARČEVAČKOJ KULTURI – VARIJACIJE U KONCEPTUALIZACIJI I IZVOĐENJU MOTIVA Maja Milošević, Mihovil Logar, Biljana Đorđević, NONDESTRUCTIVE METHODS FOR THE ANALYSIS OF TRADITIONAL POTTERY MANUFACTURE: ZLAKUSA POTTERY AS A CASE STUDY
17.00-17.20	Finalna diskusija

SADRŽAJ

Geofizika

Vesna Cvetkov
ZNAČAJ GEOGRAFSKE ŠIRINE ZA LOCIRANJE UZROČNIKA MAGNETNIH
ANOMALIJA KOD PROSPEKCIJE ARHEOLOŠKIH LOKALITETA 14

Mirko Petković, Vesna Cvetkov, Milorad Ignjatović, Dejan Naumov
PRIMJENA MAGNETOMETRIJSKIH ISPITIVANJA NA ARHEOLOŠKOM LOKA-
LITETU NEDELJKOVA HUMKA 26

Dragana Đurić, Jelena Vukčević, Dejan Vučković, Ivana Vasiljević, Vesna Cvetkov
TERENSKA NASTAVA IZ GEOFIZIKE: ARHEOLOŠKI LOKALITETI NA PO-
DRUČJU TRSTENIKA 30

Jugoslav Pendić
PROBLEMI SISTEMATSKE PRIMENE ARHEOLOŠKE GEOFIZIČKE PROSPEK-
CIJE U SRBIJI 38

Geoarheologija

Katarina Bogićević, Dragana D. Đurić, Draženko Nenadić, Barbara Radulović,
Mihailo Jovanović, Aleksandra Savković
REKONSTRUKCIJA PALEOSREDINA NA OSNOVU SITNIH SISARA, HERPE-
TOFAUNE I MEKUŠACA I NJENA PRIMENA U ARHEOLOGIJI 42

Katarina Bogićević, Draženko Nenadić, Dragana D. Đurić, Barbara Radulović,
Aleksandra Savković, Mihailo Jovanović
ULOGA SITNIH KIČMENJAKA I MALAKOFAUNE U BIOSTRATIGRAFIJI PALE-
OLITSKIH NASLAGA 50

Vladica Cvetković, Kristina Šarić, Desimir Tanović, Aleksandar Stamenković, Ve-
sna Matović
RANOVIZANTIJSKI LOKALITET CARIČIN GRAD: POREKLO VULKANITA I
VULKANOKLASTITA KORIŠĆENIH KAO ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKI
MATERIJAL 56

Kristina Šarić, Vesna Crnoglavac, Vladica Cvetković MINERALOŠKO-PETROLOŠKA KARAKTERIZACIJA KAMENIH TESERA IZ MOZAIKA KONSTANTINOVE VILE U MEDIJANI	64
Kristina Penezić (GEO)ARHEOLOŠKA BUŠENJA – METODE I MOGUĆNOSTI	70
Arheometrija	
Alena Zdravković, Suzana Erić, Kristina Šarić PRIMER MINERALOŠKE KARAKTERIZACIJE SREDNJOVEKOVNE ŠLJAKE IZ OBLASTI Pb-Zn RUDNIKA „RUDNIK” KAO DELA ISTRAŽIVANJA U ARHEO- TEHNOLOGIJI	76
Ljubomir Jevtović, Suzana Erić, Kristina Šarić, Predrag Vulić, Ivan Bogdanović, Branimir Šegvić OPEKE VII KLAUDIJEVE LEGIJE SA LOKALITETA ČAIR - CASTRUM (VIMINA- CIJUM): PRELIMINARNA MINERALOŠKO-PETROLOŠKA ANALIZA	82
Maja Milošević, Mihovil Logar, Biljana Đorđević NONDESTRUCTIVE METHODS FOR THE ANALYSIS OF TRADITIONAL PO- TTERY MANUFACTURE: ZLAKUSA POTTERY AS A CASE STUDY	90
Andreja Sironić, Ines Krajcar Bronić, Damir Borković, Jadranka Barešić AMS RADIOCARBON DATING OF ARCHEOLOGICAL SAMPLES AT THE ZA- GREB RADIOCARBON LABORATORY	94
Miroslav Kočić, Brajan Henks, Marija Kaličanin Krstić, Mark Berman, Marko Gr- ković, Petra Basar, Majkl Mlinec ARHEOMETRIJSKI PRISTUP UPOTREBE NEINVAZIVNIH METODA U RAPID- NOJ KARAKTERIZACIJI PRAISTORIJSKIH LOKALITETA – STUDIJA SLUČAJA LOKALITETA KNEŽEVAC	98
Arheotehnologija	
Selena Vitezović, Dragana Antonović, Vidan Dimić, Danica Mihailović ANALIZA TEHNOLOŠKIH SISTEMA U PRAISTORIJI: MOGUĆNOSTI I PRAVCI U ISTRAŽIVANJIMA	104

Dragana Rajković, Suzana Antolin, Dražen Balen, Darko Tibljaš KAMENE GLAČANE IZRAĐEVINE S LOKALITETA STARI PERKOVCI–DEBELA ŠUMA (OKOLICA ĐAKOVA, ISTOČNA HRVATSKA) – TIPOLOŠKA, TEHNOLOŠ- KA I MINERALOŠKO-PETROGRAFSKA ANALIZA	110
Olga Bajčev POLIHROMNO SLIKANJE U STARČEVAČKOJ KULTURI – VARIJACIJE U KON- CEPTUALIZACIJI I IZVOĐENJU MOTIVA	118
Igor Bjelić CONSTRUCTING LATE ANTIQUE BARREL BRICK VAULTS WITHOUT FORM- WORK ON THE TERRITORY OF TODAY'S SERBIA	124
Eksperimentalna arheologija	
Tena Karavidović REKONSTRUKCIJA POSTUPKA PRŽENJA ŽELJEZNE RUDE: EKSPERIMEN- TALNI PRISTUP	130
Ana Đuričić OVEN DAUB PRESERVATION IN THE ARCHAEOLOGICAL RECORD – VINČA CULTURE SITES	138
Milica Tapavički-Ilić EKSPERIMENTALNA ARHEOLOGIJA I ARHEOTEHNOLOGIJA	146
Spisak učesnika	148

PRVI SKUP SEKCIJE ZA ARHEOMETRIJU,
ARHEOTEHNOLOGIJU, GEOARHEOLOGIJU
I EKSPERIMENTALNU ARHEOLOGIJU
SRPSKOG ARHEOLOŠKOG DRUŠTVA:
AKTUELNA INTERDISCIPLINARNA ISTRAŽIVANJA
TEHNOLOGIJE U ARHEOLOGIJI JUGOISTOČNE EVROPE

Reč urednika

Proučavanje tehnologije čini okosnicu arheologije kao nauke koja se bavi prošlošću na osnovu materijalnih tragova koje su ljudi ostavili – od sitnih artefakata pa do prirodne okoline koja je čovekovim dejstvom izmenjena. Tehnologija je svuda oko nas; tehnološke promene i novi izumi uvek privlače veliku pažnju, i prošlost se često posmatra kroz prizmu tehnološkog razvoja. Naglasiti da je nešto tehnološko u arheologiji, znači staviti koncept tehnologije u središte teorijskih proučavanja, odnosno baviti se proučavanjem ne samo forme predmeta, već i čitavog niza tehnoloških faktora, od odabira sirovine, preko načina upotrebe, pa sve do razloga za prestanak korišćenja.

Proučavanje tehnologije u velikoj meri se oslanja na različite inter- i multidisciplinarnе pristupe, ponajviše na arheometriju, ali i na geoarheologiju, i naročito na eksperimentalnu arheologiju, kao poddisciplinu čiji je osnovni cilj da rekonstruiše moguće načine izrade i korišćenja predmeta, kao i druge aspekte ponašanja u prošlosti.

Arheometrija se kao poddisciplina arheologije posebno razvila u poslednjih nekoliko decenija, sa sve većim razvojem prirodnih nauka i sa širenjem multi- i interdisciplinarnog pristupa u nauci uopšte, kada su se s jedne strane prirodne nauke zainteresovale za primenu u arheologiji, a arheologija zainteresovala za dostignuća u drugim naukama. Arheometrija se koristi metodama i tehnikama prirodnih i tehničkih nauka, naročito hemije, fizike, ali i nauka o materijalima i drugih, sa posebnim fokusom na poreklo objekata koji se ispituju i na problematiku materijala. Samim tim, arheometrija je neodvojiva od studija tehnologije.

Arheometrija se u velikoj meri preklapa sa drugom važnom poddisciplinom, geoarheologijom, multidisciplinarnim pristupom koji koristi tehnike geografije, geologije, geofizike i drugih nauka o zemlji. Arheometrija i geoarheologija, koje se međusobno prepliću i u primeni metoda i u vrsti materijala koje izučavaju, poslednjih nekoliko decenija postale su neizostavni, čak u

velikoj meri obavezni deo arheoloških istraživanja. Dovoljno je samo reći da se sistematska arheološka iskopavanja više ne započinju ukoliko se pre toga ne obave geofizička istraživanja. Stavljanje u arheološki kontekst rezultata dobijenih primenom prirodnih i tehnoloških nauka, odnosno primena fizičko-hemijskih metoda, mineraloško-geohemijskih ispitivanja, geoloških podataka, znanja iz oblasti bioloških nauka, nauka o materijalima, tehnoloških i drugih naučnih oblasti, učinilo je da se arheološki podaci posmatraju s drugog aspekta i znatno su promenili i unapredili naše razumevanje prošlih zajednica, a posebno pristup i postupke istraživanja koja se danas primenjuju u eksperimentalnoj arheologiji. Kao posebno značajni mogu se izdvojiti rezultati koje su arheometrija i geoarheologija pružile o poreklu sirovina koje su korišćene u prošlosti, njihovim svojstima, ali i mnogo toga drugog.

Sve veće prisustvo arheometrijskih, geoarheoloških i drugih pristupa u arheologiji koji se oslanjaju na druge nauke dovelo je i do povećane potrebe za razmenom iskustava, kao i za raspravama i unapređenjem teorijskih okvira i metodologije. Arheometrijska, geoarheološka i druga interdisciplinarna istraživanja u arheologiji u Srbiji i susednim oblastima još uvek nisu u onoj meri zastupljene kao u nekim zemljama, posebno zapadnog sveta, ponajviše usled nedostatka finansijskih sredstava. Međutim, ne manjka ideja, te je sa ciljem daljeg unapređenja inter- i multidisciplinarnog pristupa u arheologiji i naročito unapređenja studija tehnologije, 2018. godine organizovana zasebna sekcija u okvirima Srpskog arheološkog društva, Sekcija za arheometriju, arheotehnologiju, geoarheologiju i eksperimentalnu arheologiju. Ovaj zbornik sadrži kratka saopštenja predstavljena na Prvom skupu Sekcije AAGEA, održanom u Beogradu 28.

februara 2020, čija su tema aktuelna interdisciplinarna istraživanja tehnologije u arheologiji jugoistočne Evrope. Radovi obuhvataju nekoliko užih tema: prikaz geofizčkih istraživanja (radovi autora V. Cvetkov, M. Petkovića i koautora, D. Đurić i koautora i J. Pendića), primenu geoarheoloških proučavanja sa aspekta nekoliko geoloških disciplina (radovi K. Penezić, K. Bogičević i koautora, V. Cvetkovića i koautora i K. Šarić i koautora), arheometrijska ispitivanja koja ilustruju mogućnosti primene instrumentalnih analitičkih postupaka u proučavanju artefakata (radovi A. Zdravković i koautora, Lj. Jevtovića i koautora, M. Milošević i koautora, A. Sironić i koautora, i M. Kočića i koautora), arheotehnološka proučavanja (radovi S. Vitezović i koautora, D. Rajković i koautora, O. Bajčev i I. Bjelića), i radove iz eksperimentalne arheologije (radovi T. Karavidović, A. Đuričić i M. Tapavički-Ilić). Mada naizgled raznorodne, ove se teme preklapaju i nadovezuju jedna na drugu, i pokazuju da su inter- i multidisciplinarna istraživanja u Srbiji ipak nisu marginalna, kao i da postoji veliki potencijal za dalja istraživanja.

Organizatori skupa želeli bi još jednom da se zahvale svim učesnicima, i naročito institucijama koje su podržale skup, Biblioteci grada Beograda, Rudarsko-geološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu i Arheološkom institutu.

Dragana Antonović
Selena Vitezović
Kristina Šarić

ZNAČAJ GEOGRAFSKE ŠIRINE ZA LOCIRANJE UZROČNIKA MAGNETNIH ANOMALIJA KOD PROSPEKCIJE ARHEOLOŠKIH LOKALITETA

Vesna Cvetkov

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Ključne reči: magnetometrija, asimetrija magnetnih anomalija, inklinacija, redukcija na pol

Uvod

Početak primene geofizičkih metoda u arheologiji vezuje se za četrdesete godine dvadesetog veka, da bi poslednjih desetak godina praktično postale nezaobilazni deo prospekcije arheoloških lokaliteta. Prva uspešna geofizička ispitivanja uradio je Ričard Atkinson, 1946. godine, kada je postupkom specifične električne otpornosti detektovao muljem zapunjene rovove u šljunku na neolitskom lokalitetu Dorčester na Temzi u Engleskoj (Linford 2006). Pozitivni rezultati ovog i velikog broja naknadnih geofizičkih istraživanja, tehnološki napredak instrumenata i softvera, kao i razvoj specifičnih tehnika akvizicije i obrade podataka prilagođenih potrebama arheologije u okviru standardnih geofizičkih metoda, doveli su do formiranja tzv. arheološke geofizike ili arheogeofizike. Danas se termin arheogeofizika često sreće u naučnim časopisima. U okviru konferencijama se izdvaja kao posebna sesija ili je čak čitava konferencija posvećena arheogeofizici, a uvedena je i u nastavni program arheologije na pojedinim fakultetima (Wynn 1986; Clark 1990, Conyers & Goodman 1997; Baven 1998; Gaffney *et al.* 2002;

Conyers 2004; Linford 2006; Witten 2006; Armstrong *et al.* 2019). Za geofizička ispitivanja u arheologiji, takođe, vezuje se i termin geoarheološka istraživanja zato što se geofizika nalazi pod okriljem geologije, kao i arheometrijska istraživanja pošto geofizika za otkrivanje arheoloških ostataka koristi različite metode i tehnike opažanja prirodnih ili veštački stvorenih fizičkih polja i fizičkih svojstava sredine.

Dva su razloga velike primene geofizičke prospekcije u arheologiji. Prvi, geofizičke metode su nedestruktivne (ako se izuzme paleomagnetizam) jer se merenja vrše na površini terena bez otkopavanja i oštećenja arheoloških objekata i narušavanja životne sredine. Drugi, merenja su visoko rezolutivna i brza, što obezbeđuje veliki broj podataka za kratko vreme, čime se znatno smanjuju troškovi i vreme istraživanja i iskopavanja.

Za geofizičku prospekciju mogu se koristiti praktično sve geofizičke metode i postupci, samostalno ili još češće u kombinaciji, što omogućava sagledavanje arheoloških nalazišta iz više aspekata i samim tim tačnije definisanje potencijalnih zona od interesa za arheo-

loška istraživanja i lociranje arheoloških objekata. Sam izbor metode prospekcije zavisi od cilja ispitivanja, vrste arheoloških objekta, od kog su materijala objekti i dubine na kojoj se nalaze, prisustva potencijalnih veštačkih i prirodnih smetnji, fizičkih svojstava tla, topografije terena, veličinskog područja ispitivanja, raspoloživog vremena i sredstava za istraživanje. Na osnovu navedenog, magnetometrija praktično ima najširu primenu u arheološkoj prospekciji u slabo naseljenim oblastima sa „povoljnom” geologijom (odsustvo izdanaka bazičnih i ultrabazičnih stena, rude gvožđa). Obično se kombinuje sa merenjima magnetne susceptibilnosti tla. Često se koristi i kao metoda za rekognosciranje i brzu procenu stanja na terenu, na osnovu koje se projektuju dalja detaljna geofizička i arheološka ispitivanja.

Produkt magnetometrijske akvizicije su karte intenziteta magnetnog polja i njegovih gradijenata. Interpretacijom dobijenih karata, različitim kvalitativnim i kvantitativnim postupcima i metodama, mogu se odrediti položaji zatrpanih zidova, ognjišta, rovova i drugih objekata, čime se smanjuje mogućnost praznih arheoloških sondi (Dittrich et al. 1998; Desvignes et al. 1999; Eppelbaum et al. 2001, 2015; Aspinall et al. 2008; Cheyney et al. 2011; Schettino et al. 2019). U osnovi, interpretacija se bazira na analizi i tumačenju anomalija magnetnog polja Zemlje (MPZ). Intenzitet i oblik izmerenih anomalija zavisi od magnetne susceptibilnosti, položaja i dimezije uzročnika anomalija, ali i od inteziteta, pravca i smera MPZ područja istraživanja. To znači da isti uzročnik može da izazove pozitivnu, negativnu ili bipolarnu magnetnu anomaliju u

zavisnosti od geografske širine na kojoj se nalazi. Kako bi oblik magnetne anomalije zavisio samo od geometrije i položaja uzročnika razvijen je niz matematičkih postupaka baziranih na teoriji potencijalnih polja (Baranov 1957; Baranov & Naudy 1964). Jedan od najčešće korišćenih postupaka je redukcija (svođenje) na pol (Baranov 1957; Cooper & Cowan 2005; Nabighian et al. 2005; Li 2008, Lahti et al. 2010). Poslednjih godina, sve je više radova u kojima su primenjeni različiti matematički algoritmi, postupci modelovanja i inverzije magnetometrijskih podataka sve u cilju što tačnijeg definisanja izvora magnetnih anomalija (Tscokas et al. 1991, Mušič 1999, 2008; Tsokas & Hansen 2000; Eppelbaum et al. 2001, 2003; Bescoby 2004; Diamanti et al. 2005; Eppelbaum 2010, 2015; Dalan et al. 2011, Schettino et al. 2018). Ono što je karakteristično za većinu nabrojanih postupaka je da zahtevaju otkanjanje uticaja inklinacije* (geografske širine) lokalnog MPZ.

Poreklo i uzroci magnetnih anomalija u arheologiji

Magnetne anomalije predstavljaju lokalne poremećaje MPZ. Na primer, kada je ispitivana podpovršina homogenog magnetnog sastava, tada je MPZ uniformno, međutim, prisutvo prirodne i/ili veštačke magnetne nehomogenosti deformiše polje, što se manifestuje kao anomalija MPZ ili skraćeno magnetna anomalija. S obzirom na to da većina arheoloških slojeva, struktura i objekata poseduje magnetna svojstva koja ih razlikuju od okolne sredine i da samim tim izazivaju magnetne anomalije doprinelo je da magnetometrija postane značajan alat u arheologiji. Smatra se da su istra-

* Inklinacija je vertikalni ugao koji vektor totalnog MPZ zaklapa sa horizontalom ravni u tački merenja.

živači Laboratorije za arheologiju i istoriju umetnosti Univerziteta u Oksfordu zajedno sa Martinom Aitkenom u martu 1958. godine prvi put primenili magnetometriju za pronalaženje zakopanih arheoloških ostataka. Naime, za potrebe istraživanja velikog nalazišta rimske keramike u blizini grada Piterboroa u Engleskoj konstruisali su specijalni protonski magnetometar sa kojim su detektovali magnetnu anomaliju koju je izazvala zakopana keramička peć na dubini od približno jednog metra. U to vreme fokus istraživanja bio je na keramičkim pećima i ognjištima, zidovima od kamena i opeke i metalnim artefaktima zato što oni izazivaju anomalije značajnog intenziteta, ali je već tada primećeno da instrument može da detektuje i anomalije niskog intenziteta nastale od jama i rovova (Clark 1990, Scollar *et al.* 1990; Gaffney *et al.* 2002; David *et al.* 2008). Sa primenom magnetometrije u arheološkoj prospekciji na prostoru Srbije nije se dugo čekalo. Već krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina 20. veka počela je da se koristi na arheološkim lokalitetima Lepenski Vir i Viminacijum (Mužijević *et al.* 1992). Od tada, praktično nema značajnijeg arheološkog nalazišta u Srbiji na kome u nekoj fazi istraživanja nije primenjena magnetometrija. Najbolji primer predstavlja arheološki lokalitet Viminacijum, na kome se od 2002. godine sistematski primenjuje magnetometrijska prospekcija (Mikić i dr. 2006; Bogdanović 2010; Miletić & Miletić 2012).

Da li će neki arheološki materijal (objekat) biti detektibilan za magnetometrijsku prospekciju zavisi od njegovog kontrasta s a okolinom, koji je pak u funkcionalnoj vezi sa magnetizacijom i magnetnom susceptibilnošću sredi-

ne i objekta istraživanja. Magnetizacija je fizička veličina koja pokazuje stanje namagnetisanosti nekog materijala. Sastoji se od indukovane i remanentne magnetizacije. U slabom magnetnom polju poput MPZ, indukovana magnetizacija je paralelna i proporcionala primenjenom polju. Sa prestankom dejstva magnetskog polja indukovana magnetizacija će se smanjiti, a u nekim slučajevima će nestati. Pojedini minerali oksida i sulfida gvožđa, tzv. magnetični minerali, mogu da po prestanku dejstva magnetskog polja sačuvaju magnetizaciju. Ta očuvana magnetizacija naziva se remanentna magnetizacija (RM) i zavisi od: odlika MPZ u kome se materijal nalazio od trenutka formiranja do trenutka merenja, fizičkih i hemijskih procesa koji su delovali tokom sticanja remanentne magnetizacije i magnetskih svojstava prisutnih magnetičnih minerala u materijalu. Za arheologiju najznačajnije su sledeće vrste RM. Termoremanentna magnetizacija (TRM) stečena hlađenjem zagrejanog materijala ispod Kirijeve temperature (T_c) prisutnih magnetičnih minerala, na tzv. blokirajućoj temperaturi kada se „zamrzava” pravac magnetizacije prouzrokovano MPZ i materijal magnetiše. Dugotrajnim grejanjem materijala, na temperaturama neznatno ispod T_c prisutnih magnetičnih minerala, nastaje termoviskozna RM (TVRM). Hemijska RM obrazovana tokom formiranja magnetičnih minerala na niskim temperaturama (ispod T_c), procesom oksido-redukcije i kristalizacije, kao i magnetizacija sedimentovanja nastala taloženjem sfernih fero čestica, od erodovanih stena ili biogenog porekla, dovoljno malih dimenzija da se ponašaju kao mali magneti i orijentišu paralelno sa MPZ.

* Kirijeva temperatura ili Kirijeva tačka (T_c) je temperatura na kojoj feromagnetici gube svoja magnetna svojstva.

Drugi bitan i najčešće razmatran parametar kod magnetometrijskih ispitivanja je razlika između magnetne susceptibilnosti objekta ispitivanja i sredine u kojoj se nalazi. Magnetna susceptibilnost je fizička veličina koja opisuje sposobnost materijala da se namagnetiše u magnetnom polju ili jednostavnije rečeno pokazuje u kojoj meri je dati materijal magnetičan. Direktno je proporcionalna sadržaju magnetičnih minerala, čija se magnetna susceptibilnost menja u širokom dijapazonu vrednosti u zavisnosti od hemijskog sastava minerala, veličine i rasporeda zrna. Najveći uticaj ima prisustvo i koncentracija magnetita (Fe_3O_4) i maghemita ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$) koji mogu biti primarno vezani za materijal ili nastaju transformacijom manje magnetičnih minerala poput hematita ($\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$), getita (αFeOOH), lepidokrokita (γFeOOH) i gregita (Fe_3S_4) usled promene temperature i/ili oksido-redukcijskih uslova sredine. Postoji više procesa koji dovode do povećanja magnetne susceptibilnosti tla. Grejanje, tokom kojeg u redukcijskim uslovima u prisustvu organske materije dolazi do transformacije slabo magnetičnih oksida gvožđa (npr. hematita) u znatno magnetičniji magnetit ili maghemit. Temperature na kojima dolazi do ovih transformacija nisu jasno definisane i kreću se od 150 - 570 °C, pri čemu niže temperature zahtevaju duže izlaganje (Linford & Canti 2001; Maki *et al.* 2006). Ovi hemijski prelazi generalno započinju redukcijom, a zatim oksidacijom i na relativno umerenim temperaturama kao što su na primer šumski požari (Oldfield 1992; Mullins 2006). Biomineralizacija utiče dvojako, delovanjem mikroba u slojevima sa velikom količinom organske materije gde dolazi do „fermentacije“ (Weston 2002) koja izaziva konverziju slabo magnetičnih oksida gvožđa u magnetičnije oblike. Prisustvo magnetotaktilskih bakterija koje stva-

raju nano kristale magnetita i gregita interakcijom organskih molekula i neorganskih materija. Ovi „biološki“ nano magneti sa ekstra i intraćelijskim magnetnim strukturama, magnetozomima, ostaju u tlu i kada magnetotaktilna bakterija odumre (magnetofosil) i dovode do povećane magnetne susceptibilnosti tla. Pedogeneza, proces formiranja tla, tokom koje može nastati ultra-finozrni magnetit u tlu bez uticaja čoveka i mikroorganizama (Maher & Taylor 1988). Inkorporirani magnetični materijali u gornjim delovima tla, poput izlomljene grnčarije ili fragmenata opeke (Weston 2002). Iako su nabrojani postupci izuzev poslednjeg, deo prirodne pedogeneze tla, ljudska aktivnosti poput: intenzivnog zagrevanja tla (ognjišta, gorele kuće i dr.), topljenje i obrade gvožđa (peći, šljaka i dr), pravljenja grnčarije, kontrolisanog paljenja (krčenja šume), nagomilavanje organskog materijala pri dužem boravku na jednom mestu (Gaffney *et al.* 2002), uklanjanje površinskog sloja zemlje (rovovi, grobovi, udubljenja od nosećih greda kuća), kao i prisustvo gvozdenih artefaka, konstrukcija od kamena (temelji kuća, popločane ulice i putevi), lokalno menjaju magnetizaciju i time ostavljaju trag za rekonstrukciju ljudskog stanovanja i delatnosti na nekom prostoru.

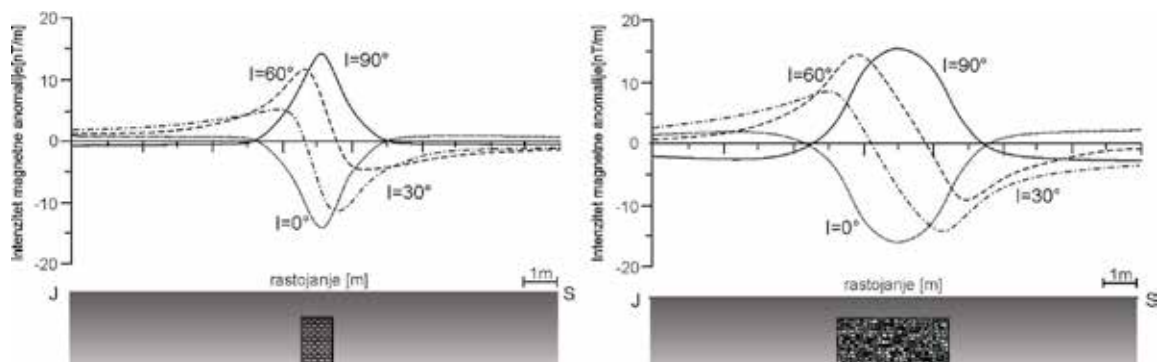
Najveće magnetne anomalije, ako se izuzmu gvozdeni predmeti, izaziva opeka, zidovi od opeke i ognjišta, zbog TRM i TVRM stečene pečenjem gline. Najmanje anomalije uzrokuju grobovi, rovovi i ostale arheološke strukture vezane za iskopavanje i premeštanje gornjih slojeva tla.

Otklanjanje asimetrije magnetnih anomalija

Magnetometri mere intenzitet MPZ koji je u suštini vektorska veličina određena pravcem MPZ u tački posmatranja. Pravac MPZ je na severnom i južnom polu vertikalna, na ekvatoru horizontalna, dok je na svim ostalim područjima pod nekim uglom u zavisnosti od geografske širine. Većina magnetometara^{*} meri skalarnu vrednost vektora MPZ tzv. totalni intenzitet MPZ i to bez kontrole njegovog pravca i smera. U arheologiji uglavnom se koriste magnetometri-gradiometri sa dva ili više senzora raspoređena jedan iznad ili pored drugog, koji mere vrednost totalnog MPZ, a na osnovu razlike vrednosti sa dva senzora i rastojanja između njih, dobija se vrednost gradijenta MPZ. Ovaj postupak praktično deluje kao filter niskih frekvencija, pojačava slabe magnetne anomalije malih objekata na malim dubinama i odstranjuje anomalije geoloških uzročnika, kao i vrednosti globalnog MPZ i uticaj solarne aktivnosti na MPZ. Tumačenjem izmerenih anomalija dobijaju se informacije o rasprostiranju i odlikama arheoloških struktura i objekata pod zemljom. Kvalitativnom interpreta-

cijom opisno se tumače magnetometrijske karte, pri tome određuju se relativni odnosi, položaj i dubina uzročnika anomalija. U geofizici je to prvi korak u tumačenju podataka, dok se u arheologiji često sa njom završava intepretacija podataka. Znatno pouzdanija je kvantitativna analiza magnetnih anomalija jer je zasnovana na računanju i modelovanju atributa uzročnika anomalija. Bez obzira koji se vid tumačenja primeni, potrebno je poznavati svojstva magnetnih anomalija u zavisnosti od: odlika uzročnika (dubine, dimenzije, oblika i položaj), koncentracija magnetičnih minerala i prisustva RM, orijentacije profila (značajno samo u blizini ekvatora) i geografske širine (inklinacije) mesta na kome se vrše magnetna merenja.

U zavisnosti da li je MPZ vertikalno, horizontalno ili koso, homogeno namagnetisani, simetrični, objekti prouzrokujuće pozitivnu, negativnu ili bipolarnu magnetnu anomaliju. Praktično, oblik magnetne anomalije biće simetričan, a položaj uzročnika određen vrhom anomalije na magnetnom polu ili na ekvatoru, dok će na područjima tzv. kose magnetizacije, gde su inklinacije između 0° i 90° , oblik anomalije biti asimetričan, a maksimum anomalije



Slika 1. Oblik magnetne anomalije iznad goreliih arheoloških objekata od opeke pri različitim vrednostima inklinacije

* Po dogovoru, smer vektora MPZ je pozitivan naniže, a negativan naviše.

** Pojedini fluksni magnetometri mere skalarnu vrednost vertikalne komponente MPZ.

pomeren u odnosu na centar uzročnika (Slika 1).

Kako bi oblik magnetne anomalije zavisio samo od svojstava uzročnika najčešće se na magnetometrijske podatke primenjuje postupak redukcija na pol (RTP-*Reduction to Pol*). Postupkom RTP magnetne anomalije izmerene na bilo kojoj geografskoj širini transformišu se u anomalije koje bi bile izmerene da su ispitivanja izvedena na magnetnom polu (Slika 2).

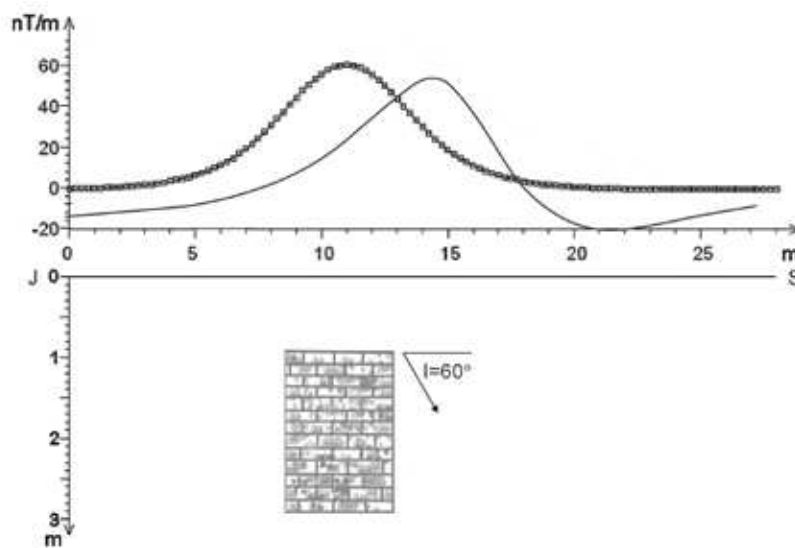
U suštini, primenom RTP položaji anomalija pomeraju se iznad uzročnika, maksimalni gradijent približava se ivicama uzročnika, a ukoliko su uzročnici simetrični objekti tada se asimetrične anomalije transformišu u simetrične. Kod vertikalnih i homogeno namagne-

ali oblik anomalija bliže odražava položaj zaleganja objekata (Slika 3). U oba slučaja oblik anomalija znatno je pojednostavljen i time olakšana interpretacija magnetometrijskih podataka.

Bez obzira da li su u pitanju podaci anomalija totalnog inteziteta MPZ ili gradijenta anomalija totalnog intenziteta MPZ, postupak transformacije podataka na magnetni pol je isti, i prikazan je izrazom (Baranov & Naudy, 1964):

$$L(\theta) = \frac{1}{[\sin(I) + i \cos(I) \cos(D - \theta)]^2}$$

gde su: $L(\theta)$ - operator RTP, θ - talasni broj, I - inklinacija i D - deklinacija.

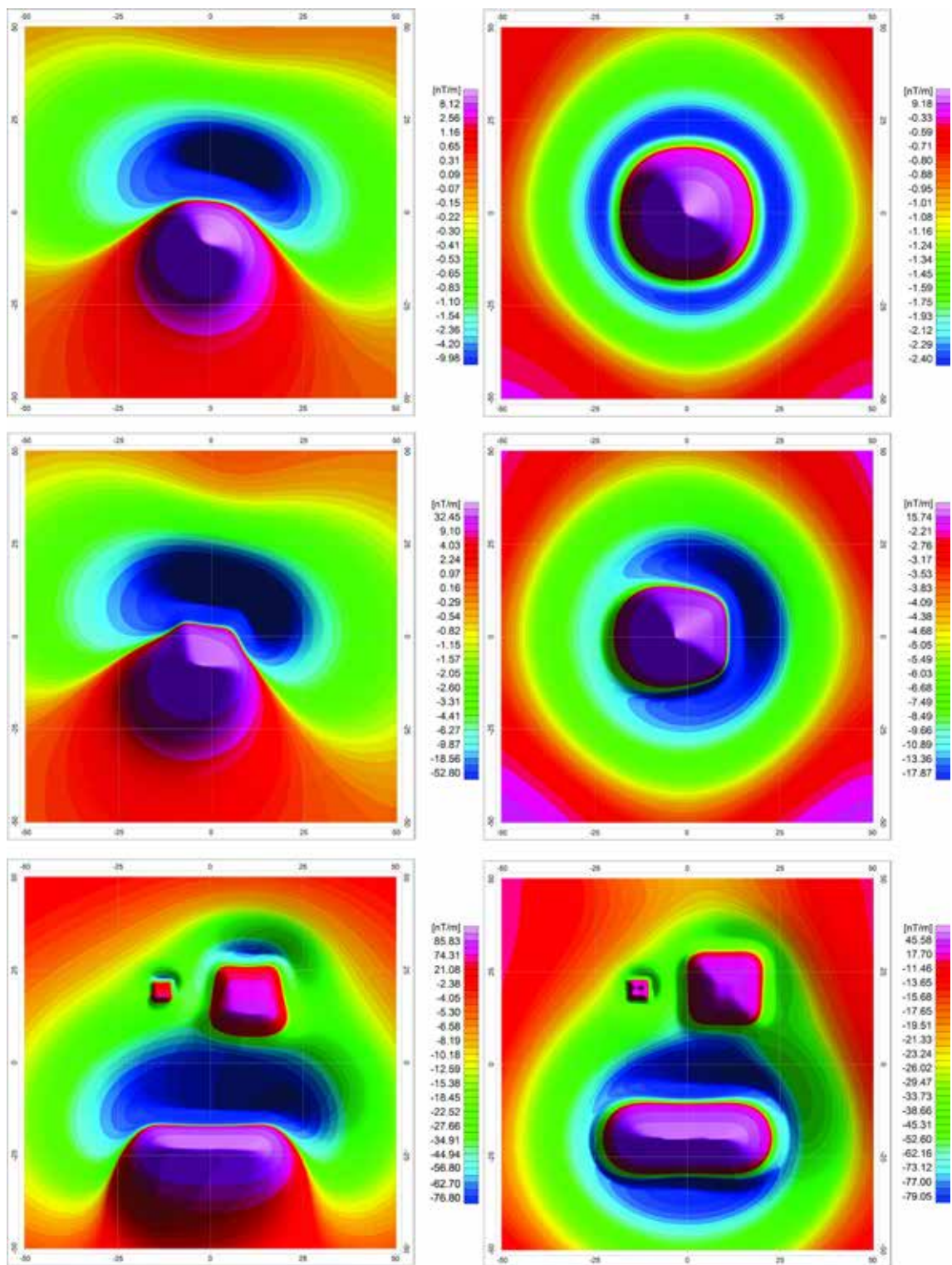


Slika 2. Magnetna anomalija izavana magnetičnim objektom na geografskoj širini Srbije, gde sadašnja vrednost inklinacije iznosi oko 60°: pre (puna linija) i nakon primene postupka RTP (linija izvučena sa kvadratićima)

tisanin uzročnika primenom RTP otklanja se bipolarna priroda magnetnih anomalija čime se znatno pojednostavljuje oblik anomalije, dok se kod nagnutih uzročnika zadržava bipolna priroda,

Iz operatora RTP vidi se da je potrebno poznavati pravac magnetizacije, deklinaciju i inklinaciju područja istraživanja. Postupak pretpostavlja da pravac magnetizacije odgovara MPZ,

* Deklinacija je horizontalni ugao između astronomskog pravca severa magnetnog meridijana u tački merenja.



Slika 3. Karte magnetih anomalija pre (leva kolona) i nakon postupka RTP (desna kolona) za: vertikalnu prizmu (gornji red); prizmu pod nagibom od 45° ka istoku (srednji red) i model sredine sa više prizmi koje imaju različite vrednosti magnetne susceptibilnosti, različite dimenzije i nalaze na različitoj dubini (zadnji red) (modifikovano, Cvetkov, 2016)

što je tačno u slučaju da je RM ili zane-marljiva ili paralelna sa delujućim MPZ (savremena RM). Sa aspekta paleomagnetizma, naučne discipline koja proučava RM minerala, stena i arheološkog materijala, bitno je u kom kontekstu se posmatra RM. Za datiranje starosti arheološkog materijala koji je u toku svoje proizvodnje ili upotrebe prošao termičku obradu, tzv. arheomagnetna ispitivanja potrebno je poznavati intenzitet, pravac i smer vektora RM za istorijsko vreme koje odgovara starosti arheoloških artefakta. Sa aspekta geološke starosti MPZ, međutim, vrednosti deklinacije i inklinacije RM poslednjih nekoliko hiljada godina praktično odgovaraju vrednostima savremenog MPZ, te se za postupak RTP koriste vrednosti preuzete iz matematičkih modela globalnog MPZ (*IGRF-International Geomagnetic Reference Field*; *WMM-World Magnetic Model*) za datum kada je rađena akvizicija podataka.

Na malim geografskim širinama postupak RTP ne daje dobre rezultate zbog pojave singularnosti kada se pružanje objekta i inklinacija približavaju nuli. Ovaj problem je rešen različitim postupcima proširenja i modifikacije operatora RTP (Nabighian *et al.* 2005; Whitehead & Musselman 2007).

Zaključak

Magnetometrijskom prospekcijom detekuju se magnetne anomalije, nastale zbog prisustva arheoloških objekata i struktura čija se magnetizacija razlikuje od okoline. U praksi se pokazalo da arheološke strukture poput ukopa, rovova i grobova izazivaju anomalije malog inteziteta koje se teško detektuju, dok strukture od glinovitog materijala

koje su gorele i zgura mogu prouzrokovati znatno veće vrednosti anomalija.

U osnovi, tumačenje magnetometrijskih karata svodi se na analizu distribucije i oblika anomalija. Oblik anomalija zavisi od oblika i položaja uzročnika, ali i od pravca njegove magnetizacije i pravca vektora lokalnog MPZ. Ovo ima za posledicu da su anomalije pomerene u odnosu na položaj uzročnika na svim geografskim širinama sem u području magnetnih polova i ekvatora.

Kako bi se pojednostavio oblik anomalija, a samim tim i olakšala interpretacija najčešće se primenjuje postupak RTP. Nakon primene RTP magnetne anomalije bolje oslikavaju položaj i veličinu izvora magnetizacije. Ukoliko je uzročnik vertikalni i simetričan objekat tada se bipolarna anomalija transformiše u pozitivan ili negativan monopol*. Kod nagnutih uzročnika anomalija ostaje bipolarna, ali njen položaj više odgovara „realnom” položaju u potpovršini.

Iz svega izloženog jasno se može videti da jedino poznavanje načina nastanka magnetnih anomalija, ponašanja magnetnog dipola u MPZ i osnovnih svojstava anomalija, uz pretpostavke o očekivanim arheoloških strukturama na istraživanom području, obezbeđuje pouzdanu magnetometrijsku interpretaciju.

* U suštini monopol fizički ne postoji, nego se smatra da ga izaziva objekat koji ima osobine jako izduženog dipola.

Bibliografija

- Amstrong, L., Cheetham, P., Darvill, T. 2019.** Tales from the outer limits: Archaeological geophysical prospection in lowland peat environments in the British Isles. *Archaeological Prospection* 26, 2: 91-101.
- Aspinall, A., Gaffney, C., Schmidt, A. 2008.** *Magnetometry for archaeologists*. Ed: Conyer L. B. Kvamme K. L., Altamira Press.
- Baranov, V. 1957.** A new method for interpretation of aeromagnetic maps: Pseudogravimetric anomalies. *Geophysics* XXII/ 2: 359-383.
- Baranov, V., Naudy, H. 1964.** Numerical calculation of the formula of reduction to the magnetic pole. *Geophysics* XXIX/ 1: 67-79.
- Bescoby, D. J., Gavin, C. C., Chroston, P. N., 2004.** Enhanced interpretation of magnetic survey data using artificial neural networks: a case study from Butrint, southern Albania. *Archaeological Prospection* 11, 4: 189-199.
- Bevan, B.W. 1998.** Geophysical exploration for archaeology: An introduction to geophysical exploration. Midwest archaeological center Special report No. 1, U.S. Department of the interior, National park service, Lincoln, NE.
- Bogdanović, I. 2010.** Rezultati arheo-geofizičkih istraživanja na lokalitetu kod Koraba (Istočna nekropola Viminacijuma). *Arheologija i prirodne nauke* 5: 83-110.
- Cheyney, S., Hill, I., Linford, N. 2011.** Advantages to Using the Pseudogravity Transformation to Aid Edge Detection of Total Field Archaeomagnetic Datasets. *Archaeological Prospection* 18 2: 81-93.
- Clark, A. 1990.** *Seeing Beneath the Soil: Prospecting Methods in Archaeology*. London: Routledge.
- Conyers, L.B., Goodman, D. 1997.** *Ground-penetrating radar. An introduction for archaeologists*. Walnut, Creek, Altamira press.
- Cooper, G. R. J., Cowan, D. R. D. 2005.** Differential reduction to the pole. *Computer & Geosciences* 31: 989-999.
- Cvetkov, V. 2016.** *Magnetometrija-praktikum*. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet.
- David, A., Linford, N., Linford, P. 2008.** Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation, London: 1-60.
- Dalan, R. A., Bevan, B. W., Goodman, G., Lynch, D., De Vore, S., Adamek, S., Martin, T., Holley, G., Michlovic, M. 2001.** The Measurement and Analysis of Depth in Archaeological Geophysics: Tests at the Biesterfeldt Site, USA. *Archaeological Prospection* 18, 4: 245-265.
- Desvignes. G., Tabbagh, A., Benech. C. 1999.** The determination of the depth of magnetic anomaly sources. *Archaeological Prospection* 6, 2: 85-105.
- Diamanti, N. G., Tsokas, G. N., Tsourlos, P. I., Vafid, A. 2005.** Integrated interpretation of geophysical data in the archaeological site of Europos (northern Greece). *Archaeological Prospection* 12, 2: 79-91.
- Dittrich, D., Koppelt, U. 1998.** Quantitative interpretation of magnetic data over settlement structures by inverse modelling. *Archaeological Prospection* 4, 4, Special Issue: European Geophysical Society XXII General Assembly: 165-177.
- Eppelbaum, L. V., Khesin, B. E, Itkis S. E. 2001.** Prompt magnetic investigations of archaeological remains in areas of infrastructure development: Israeli Experience. *Archaeological Prospection* 8, 3: 163-185.
- Eppelbaum, L., Ben-Avraham, Z., Itkis, S. 2003.** Ancient Roman Remains in Israel provide a challenge for

physical-archaeological modeling techniques, *First Break*, 21, 2: 51-61.

Eppelbaum, L. 2010. Application of Potential Geophysical Fields at Archaeological Sites in Israel: An Introduction. *Conference Proceedings, 23rd EEGS Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems*, Apr 2010, cp-175-00124.

Eppelbaum, L.V. 2015. Quantitative Interpretation of Magnetic Anomalies from Thick Bed, Horizontal Plate and Intermediate Models Under Complex. *Archaeological Prospection* 22, 4: 255-268.

Gaffney, G. 2008. Detecting trends in the prediction of the buried past: A review of geophysical techniques in archaeology. *Archaeometry* 50, 2: 313-336.

Gaffney, C., Gater, J., Ovenden, S. 2002. The use of geophysical techniques in archaeological evaluations. Technical Paper No 6, Institute of Field archaeologists. IFA paper No.6. Ed: Alison Taylor, Published Institute of Field Archaeologists, University of Reading: 1-24.

Lahti, I., Karinen, T. 2010. Tilt derivative multiscale edges of magnetic data. *The Leading Edge*: 24-29.

Li, X. 2008. Magnetic reduction-to-the-pole at low latitudes: Observations and considerations. *The Leading Edge*: 990-1002.

Linford, N. 2006. The application of geophysical methods to archaeological prospection. *Rep. Prog. Phys.* 69: 2205-2257.

Linford, N., Canti, M.G., 2001. Geophysical evidence for fires in antiquity: preliminary results from an experimental study. *Archaeological Prospection* 8: 211-225.

Муџијевић, Р., Старчевић, М., Стојановић, Р. 1992. Примена геофизике у археологији. *Археологија и природне науке* (ур. Д. Срејовић),

Београд: 115-123.

Maher, B. A., Taylor, R. M. 1988. Formation of ultrafine-grained magnetite in soils. *Nature* 336: 368-371.

Mikić, M., Stojanović, V., Mrđić, N. 2006. Primena gradiometra za potrebe zaštitnih arheoloških istraživanja na Viminacijumu-lokalitet Rit. *Arheologija i prirodne nauke* 2: 21-26.

Miletić, V., Miletić, J. 2012. Geofizička istraživanja na prostoru Viminacijuma (grad i vojni logor) u 2011. godini. *Arheologija u Srbiji; projekti Arheološkog instituta u 2011. godini.* ur: Bikić, V., Golubović S., Antonović, D. Arheološki institut, Beograd: 63-65.

Mullins, C. E. 2006. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science—a review. *European Journal of Soil Science* 28, 2: 223-246.

Mušič, B. 1999. Geophysical prospecting in Slovenia: an overview with some observations related to the natural environment. *Arheološki vestnik* 50: 349-405.

Mušič, B. 2008. Nastavki za kvantitativno analizo rezultata arheološke geografije na primeru Sagalassosa, Turcija. *Arheo* 25: 53-67.

Nabighian, M. N., Grauch, V. J. S., Hansen, R.O., LaFehr, T. R., Li, Y., Peirce, J. W., Phillips, J. D., Ruder, M. E. 2005. 75th Anniversary The historical development of the magnetic method in exploration. *Geophysic*, 70/6, 33ND-61ND.

Oldfield, F., 1992. The source of fine-grained 'magnetite' in sediments. *Holocene* 2: 180-182.

Schettino, A., Gnezzzi, A., Pierantonio, P. P. 2018. Magnetic field modelling and analysis of uncertainty in archaeological geophysics. *Archaeological Prospection* 26, 2: 137-153.

Scollar, I., Tabbagh, A., Hesse, A., Herzog, I., 1990. Archaeological Prospecting and Remote Sensing. Cambrid-

ge University Press, Cambridge.

Tsokas, G. N., Papazachos, C. B.

Loucoyannakis, M. Z., Karousova,

O. 1991. Geophysical data from archaeological sites: Inversion filters based on the verticalsited finite prism model. *Archaeometry* 33: 215-230.

Tsokas, G. N., Hansen, R. O., 2000.

On the use of complex attributes and the inferred source parameter estimates in the exploration of archaeological sites, *Archaeological Prospection* 7, 1: 17-30.

Whitehead, N., Musselman, C. 2007.

2D Frequency Domain Processing of Potential Field Data, Extension for Oasis montaj Tutorial. Geosoft.

Wynn, J. 1986. A review of geophysical methods used in archaeology. *Geoarchaeology*, 1, 3: 245-257.

Witten, A. *Handbook of Geophysics and Archaeology*. Equinox Publishing, London.

Weston, D. G. 2002. Soil and susceptibility: aspects of thermally induced magnetism within the dynamic pedological system. *Archaeological Prospection* 9, 4: 207-215.

PRIMJENA MAGNETOMETRIJSKIH ISPITIVANJA NA ARHEOLOŠKOM LOKALITETU NEDELJKOVA HUMKA

Mirko Petković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Vesna Cvetkov

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Milorad Ignjatović

Muzej grada Beograda

Dejan Naumov

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

***Ključne riječi:** cik-cak i paralelni profili, linijske anomalije, Pančevački rit, višeslojno nalazište*

Nezaobilazan dio arheološke prospekcije predstavlja upotrebu geofizičkih metoda iz razloga što se za relativno kratko vrijeme dobija informacija o veličini lokaliteta kao i relevantna slika potpovršine čime se smanjuje mogućnost praznih arheoloških sondi.

Najčešće korišćena geofizička metoda je magnetometrija iz razloga što se u malom vremenskom domenu pokrivaju velike istražne površine sa prihvatljivom rezolucijom podataka.

Tokom maja 2014. godine izvedena su magnetometrijska istraživanja u Pančevačkom ritu (Beograd, Palilula) na arheološkom lokalitetu Nedeljkova Humka, koje čini teren pod istim imenom nazivom Nedeljkova Humka i teren Nuz Pitrop, ukupne površine od 0,64 hektara. Cilj ispitivanja je bio ograničavanje dimenzija arheološkog lokaliteta.

Na primjeru arheološkog lokaliteta Nedeljkova Humka detaljno je objašnjen svaki korak magnetometrijskih

ispitivanja u arheologiji, od samog planiranja akvizicije podataka do finalnog prikazivanja u vidu karte, kao i koje korake mjereni podaci treba da prođu da bi bili u potpunosti analizirani.

Topografija terena i rezolucija (detaljna ili regionalna) istraživanja imaju glavnu ulogu u izboru načina prikupljanja podataka. Obično se bira pravac profila upravan na pružanje pretpostavljene anomalije u već pripremljenom istražnom poligonu. Ukoliko nije poznat pravac pružanja anomalije, mjerenja se vrše paralelno magnetskom meredijanu, odnosno pravac sjever-jug.

Postoje dva najčešća načina nošenja magnetometra ili gradiometra po istražnom poligonu. Kod prvog načina susjedni profili su paralelni i suprotno orijentisani. Operater po završetku profila pravi polukrug započinjući sledeći, susjedni profil krećući se u suprotnom smijeru u odnosu na prethodni. Ovakav način nošenja instrumenta naziva se još i „cik-cak“ način akvizicije.

Drugi način akvizicije, paralelni način, od gore opisanog razlikuje se po tome što operater nakon završetka jednog profila, vraća se na početak započinjući sledeći, susjedni profil. Ovim načinom uzorkovanja svi podaci se uzorkuju u istom smjeru.

Prednost „cik-cak“ načina akvizicije je u tome što je brža i za kraće vrijeme se pokrivaju veće površine, takođe nema ni praznog hoda operatera. Međutim, mana ovog načina je što se pojavljuju linijske anomalije duž profila na kome je vršena akvizicija podataka, te se kao takvi moraju dodatno da filtriraju. Kod paralelnog načina uzorkovanja to nije slučaj.

Za magnetometrijska istraživanja u arheologiji najoptimalniji je paralelni način akvizicije jer se izbjegavaju linijske anomalije i obično nije potrebna dodatna filtracija podataka.

Mogućnost detekcije arheoloških objekata zavisi od njihovih magnetnih osobina i rastojanja od senzora. Ako se arheološko tijelo aproksimira najjednostavnijim dipolom, anomalija izazvana tim tijelom može se računati po formuli: gdje su:

$$T_{cl} = \frac{\Delta k \cdot V}{r^3} \cdot T_n$$

Δk – razlika magnetske susceptibilnosti tijela i okoline,

V – zapremina tijela,

r – rastojanje između tijela i instrumenta i

T_n – intenzitet normalnog Zemljinog magnetskog polja.

Anomalije detektovane gradiometrom uglavnom leže u prva dva metra, u rijetkim slučajevima do tri. Ako je anomalija arheološkog objekta 10 [nT] na rastojanju od 1 [m], onda ona na 2 [m] iznosi 1,25 [nT], a na rastojanju od

3 [m] je svega 0,37 [nT]. To je na granici detektabilnosti za većinu instrumenata, što čini objekat nakon dva metra dubine teško „vidljivim“. S obzirom da je većina objekta na praistorijskim lokalitetima slabo magnetična, oni su praktično „nevidljivi“, ako se nalaze na dubini većoj od 3 metra (Fassbinder and Irlinger 1994).

Pančevački rit u arheološkom smislu je zanimljiv zbog paleotokova, ali i zbog ubrzane urbanizacije ovog predjela. Nalazišta su pretežno višeslojna što znači da su bila naseljena u različitim vremenskim periodima, i to od srednjeg neolita, eneolita, bronzanog i gvođenog doba, antičkog perioda, ranog, razvijenog i kasnog srednjeg veka. Osnovna odlika većine konstatovanih nalazišta je da se nalaze duž starih tokova rijeka. Dominantni periodi su svakako praistorijski.

Lokalitet Nedeljкова Humka se na osnovu sakupljenog površinskog materijala datuje u periode eneolita (bakarno doba), gvođenog doba i pozne antike. Okupacija ovog lokaliteta koja se odvijala u kontinuitetu ukazuje na mogućnosti da je ovo mjesto bilo dugo naseljeno (Ignjatović *et al.* 2018).

Magnetometrijska akvizicija vršena je duž profila orijentisanih u pravcu SSI-JJZ, prateći pravac oranja, na međusobnom rastojanju 1 [m]. Profili su mjestimično pogušćeni na 0,5 [m] na prostorima gdje su prilikom mjerenja uočene povećane vrijednosti vertikalnog gradijenta totalnog geomagnetskog polja ($\text{grad}T$).

Prvo istražno polje u odnosu na sjever rotirano je za 54° u smjeru kretanja kazaljke na satu, a drugi istražni poligon za 35°. Međusobno rastojanje mjernih tačaka na profilima iznosilo je 0,5 [m]. Na oba terena, ukupno je izmjereno 11689 vrijednosti vertikalnog gradijenta geomagnetskog polja.

Magnetometrijska je istraživanja obavljeno protonskim magnetometrom-gradimetrom sa Overhauzerovim efektom (GEM System model GSM-19GW) u "hodajućem" modu.

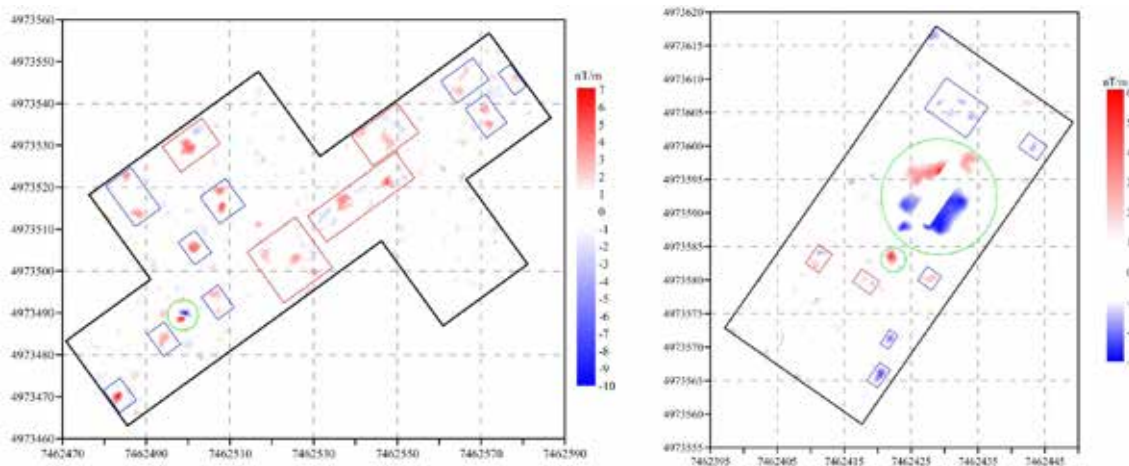
S obzirom na to da je ispitivani prostor oranica, sa veoma mladom poljoprivrednom kulturom, donja sonda je postavljena na visinu od 0,98 [m], a gornja na 1,82 [m] čime je postignut najbolji odnos između signala i smetnje. Da bi se što ravnomernije pokrio teren uzorkovanje je vršeno na 0,5 [s]. Podaci su prikupljeni paralelanom postupkom koji osim što ograničava podatke u realan domen gradijenta geomatnetskog polja, ne zahtjeva dodatno filtriranje podataka jer se ovim postupkom ne javljaju anomalije paralelne profilima duž kojih se vrši mjerenje.

Podaci su nakon mjerenja spremljeni za softversku obradu. U prvom koraku obrade iz baze sa podacima polja Nedeljkovala Humka odstranjeni su pikovi, tj. vrijednosti gradijenta zemljinog magnetskog polja izvan opsega od ± 5

[nT/m]. Sve vrijednosti veće odnosno manje od ± 5 [nT/m] su posledica izazvana vještačkim uzročnicima

Za interpretaciju podataka koja se zasniva na analizi karata bilo je neophodno dobijene podatke "gridovati" odnosno projektovati prikupljene podatke u pravilnu mrežu, na osnovu kog se računarskim putem dolazi do interpolacije podataka i finalne vizualizacije karte. U ovom slučaju primjenjen je najzastupljeniji vid interpolacije podataka, Kriging metod sa čvornim tačkama na rastojanju 0,25 x 0,25 [m], a dobijeni rezultati su prikazani u vidu karata gdje su maksimalne vrijednosti predstavljene crvenom, minimalne vrijednosti plavom, a vrijednosti u opsegu od ± 1 [nT/m] bijelom bojom čime je maskirana dozvoljena greška instrumenta. Gradiometrijske karte oba lokaliteta prikazane su na Slici 1.

Da bi se sa karti odstranile anomalije posledice dubljeg zazora na terenu, svi profili ponaosob su svedeni na nultu medijalnu vrijednost*.



Slika 1. Pozicije pretpostavljenih objekata na karti vertikalnog gradT (lijevo- Nedeljkovala Humka, desno – Nuz pitrop). Crveno uokvireno - dipolne anomalije, plavo uokvireno – pozitivne ili negativne anomalije, zeleno uokvireno vještački objekat).

* Medijana predstavlja onu vrijednost koja pri normalnoj raspodjeli podataka dijeli površinu koju funkcija zaklapa sa x-osom u dva polja jednake površine. Prednost medijalne vrijednosti u odnosu na srednju vrijednost je u tome što podacima koji imaju veliko odstupanje pridaje manju važnost (Isaaks and Srivastava 1989).

Kada su u pitanju visokorezolutivni podaci prikupljeni na arheološkom lokalitetu, pribjegava se što manjem filtriranju. Teži se očuvanju realnih vrijednosti gradijenta geomagnetskog polja zbog dalje obrade podataka koja uključuje procjenu dubine i oblika uzročnika anomalije.

Na magnetometrijskim kartama mogu se očititi pozitivne anomalije ali se i dipolne anomalije javljaju u značajnom broju. Dipolne anomalije mogu ukazivati na postojanje ostataka podniza peć, dok su pozitivne anomalije vjerovatno posledica nagomilanja opeke i zapečene zemlje.

Bibliografija

Fassbinder, E and Irlinger, E 1994. Aerial and magnetic prospecting of an eleventh to thirteenth century motte in Bavaria *Archaeological Prospection* 1, 65-70;

Isaaks, E and Srivastava, M. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*, New York: Oxford University Press.

Ignjatović, M., Filipović D., Penezić, K. and Bulatović, J. 2018 Archaeology between the Danube and the Timi rivers: Multidisciplinary investigations of the Pančevački Rit alluvial plain near Belgrade, Serbia *Arhaika/Archaica* 6: 9-81

TERENSKA NASTAVA IZ GEOFIZIKE: ARHEOLOŠKI LOKALITETI NA PODRUČJU TRSTENIKA

Dragana Đurić

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Jelena Vukčević

Muzejska zbirka Trstenik

Dejan Vučković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Ivana Vasiljević

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Vesna Cvetkov

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Ključne reči: *geofizika, geofizička istraživanja u arheologiji, arheologija u okolini Trstenika*

Uvod

Terenska nastava iz geofizike, čiji je koncept "student u centru učenja", je obavezni kurs na Rudarsko-geološkom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, na Departmanu za geofiziku. Kurs studentima osnovnih i master studija pruža praktična znanja, priliku samostalnog odlučivanja, postavljanja i rešavanja konkretnih problema, korišćenjem svih raspoloživih geofizičkih metoda i primenom znanja, stečenih tokom prethodnih nekoliko semestara.

Zahvaljujući saradnji sa stručnjacima Muzejske zbirke Trstenik, kao i stručnjacima Narodnog muzeja Kruševac, terenska nastava se poslednje četiri godine (2016 - 2019) sprovodila u okolini Trstenika, a za potrebe arheoloških istraživanja u sklopu kojih su predviđe-

na i geofizička istraživanja. Na teritoriji opštine Trstenik postoje brojni lokaliteti koji imaju ne samo lokalni, već i republički, pa i regionalni značaj. Zone istraživanja su odabrali arheolozi i istoričari, a u skladu sa planovima i ciljevima istraživanja za godinu u kojoj su istraživanja vršena. Studenti završnih godina osnovnih studija, kao i studenti master studija i nastavnici Departmana za geofiziku, od 2016. godine aktivno učestvuju u ovim istraživanjima i doprinose boljem poznavanju slike o prošlosti trsteničkog kraja. Na terenskoj nastavi u okolini Trstenika učestvovalo je oko 40 studenata u toku četiri godine.

Lokaliteti

U periodu od 2016. do 2019. godine u široj okolini Trstenika, a u okviru

sprovođenja terenske nastave, geofizička ispitivanja su vršena na pet lokacija (Sl. 1). Ovih pet lokacija pokrivaju period od neolita do srednjeg veka i cilj je bio utvrđivanje položaja ostataka objekata na tim područjima.

U toku 2016. i 2017. godine ispitivan je jedan od najstarijih lokaliteta, iz perioda neolita, Šljivik u selu Stragari. Ovaj lokalitet, koji je bio naseljen u 4. milenijumu pre n. e. predstavlja centar kulture mlađeg kamenog doba nastao pod uticajem migracionih strujanja i naseljavanja ovih prostora (Вукчевић и Вукашиновић, 2018).

Tokom 2016. godine istraživanje je vršeno na najznačajnijem antičkom lokalitetu opštine Trstenik, Grabak u selu Počekovini. Na ovom potesu postoje tragovi pokretnih arheoloških nalaza višeslojnom lokaliteta koji je naseljavan

od antike do srednjeg veka (Рашковић, 2013; Рашковић, 2017).

Tragovi većeg rimskog objekta, najverovatnije tipa „vila rustika“, nalaze se u trsteničkom selu Veluče, nedaleko od istoimenog srednjovekovnog manastira. Do sada su, rekognosciranjem terena, pronađeni brojni ulomci keramike svetlo sive ili svetlo crvene boje pečenja, cigle i tegule, kućnog lepa, kao i zgura i sirova ruda (Васиљевић, 2014; Ропкић Ђорђевић, 2016). Ovaj lokalitet je geofizički ispitivan 2018. i 2019. godine.

Tokom 2019. godine, geofizička istraživanja su vršena na višeslojnom arheološkom nalazištu, Trnovača, u ataru sela Stari Trstenik, na desnoj obali zapadne Morave. Pronađeni keramički materijal se može smestiti u raspon od gvozdenog doba pa sve do srednjeg veka (Рашковић, 2003).



Slika 1. Geografski položaj istraživanih arheoloških lokaliteta

Lokalitet, koji je geofizički najduže ispitivan, od 2016 - 2019. godine, je Đurovača, u ataru sela Bogdanje, na levoj strani reke Zapadna Morava. Istorijski izvori koji govore o ovom lokalitetu vezuju postanak i izgradnju crkvišta Đurovače za legendarnu ličnost, Jug Bogdana (Вукчевић, 2018a; 2018b). Površinskim čišćenjem konstatovani su ostaci podnice u tehnicu krečnog maltera, ali pokretan arheološki materijal nije otkriven. Đurovaču danas čine vidljivi ostaci sakralnog objekta dimenzija aproksimativno 16 x 7 metara. Sam objekat je gotovo potpuno devastiran, osim u temeljnim zonama, pri čemu su meštani „popravljali“ zidine dodajući kamene blokove po obodu (Вукчевић, 2018; 2019).

Geofizičke metode

Primena geofizičkih istraživanja u arheologiji počela je 1946. godine (Wynn, 1986). Najčešće primenjivane geofizičke metode u arheologiji su magnetometrija, elektrometrija – odnosno postupak specifične električne otpornosti, georadar (elektromagnetometrija) i nešto ređe refraktivna seizmometrija. U skladu sa principima istraživanja, poštujući pravila struke i raspoloživost istrumenata, na svih pet lokacija su ispitivanja vršena magnetometrijom, kao jednom od osnovnih geofizičkih metoda prilikom arheoloških istraživanja, zahvaljujući činjenici da se arheološke strukture, koje poseduju različite karakteristike, kada je reč o indukovanoj ili remanentnoj magnetizaciji, mogu ponašati kao objekti koji stvaraju anomalije geomagnetskog polja. Sama metoda bazira se na merenju minimalnih varijacija gradijenta magnetskog polja Zemlje, koje su uslovljene prisustvom slabo magnetičnih oksida gvožđa, intenzivnim zagrevanjem zemljišta, izloženo-

sti gornjih slojeva tla vremenskim prilikama, kao i nagomilavanjem organskih i paljenih materijala pri dužem boravku ljudi na jednom mestu (Богдановић, 2010). Elektrometrija je sprovedena na području Đurovače. Primenu ove metode opravdava činjenica da minerali koji sačinjavaju geološke formacije, kao i bilo koji drugi prirodni ili veštački materijali koji se nalaze u ispitivanom prostoru, poseduju različita električna svojstva. Pored toga, neka geološka i druga tela, kada se nađu u određenim prirodnim uslovima, mogu prouzrokovati promene električnog polja. Postupak specifične električne otpornosti se koristi u arheologiji za određivanje prisustva i položaja ostataka nekadašnjih građevina. Pored dve metode korišćena je i refrakciona seizmometrijska metoda, takođe, na području Đurovače. Metoda se temelji na merenju vremena širenja seizmičkih talasa, od izvora do seizmičkih prijemnika (geofona), kroz geološke strukture pod površinom. Seizmometrija je korišćena prvenstveno u demonstrativne svrhe, u cilju upoznavanja sa načinom akvizicije, kao i obradom podataka.

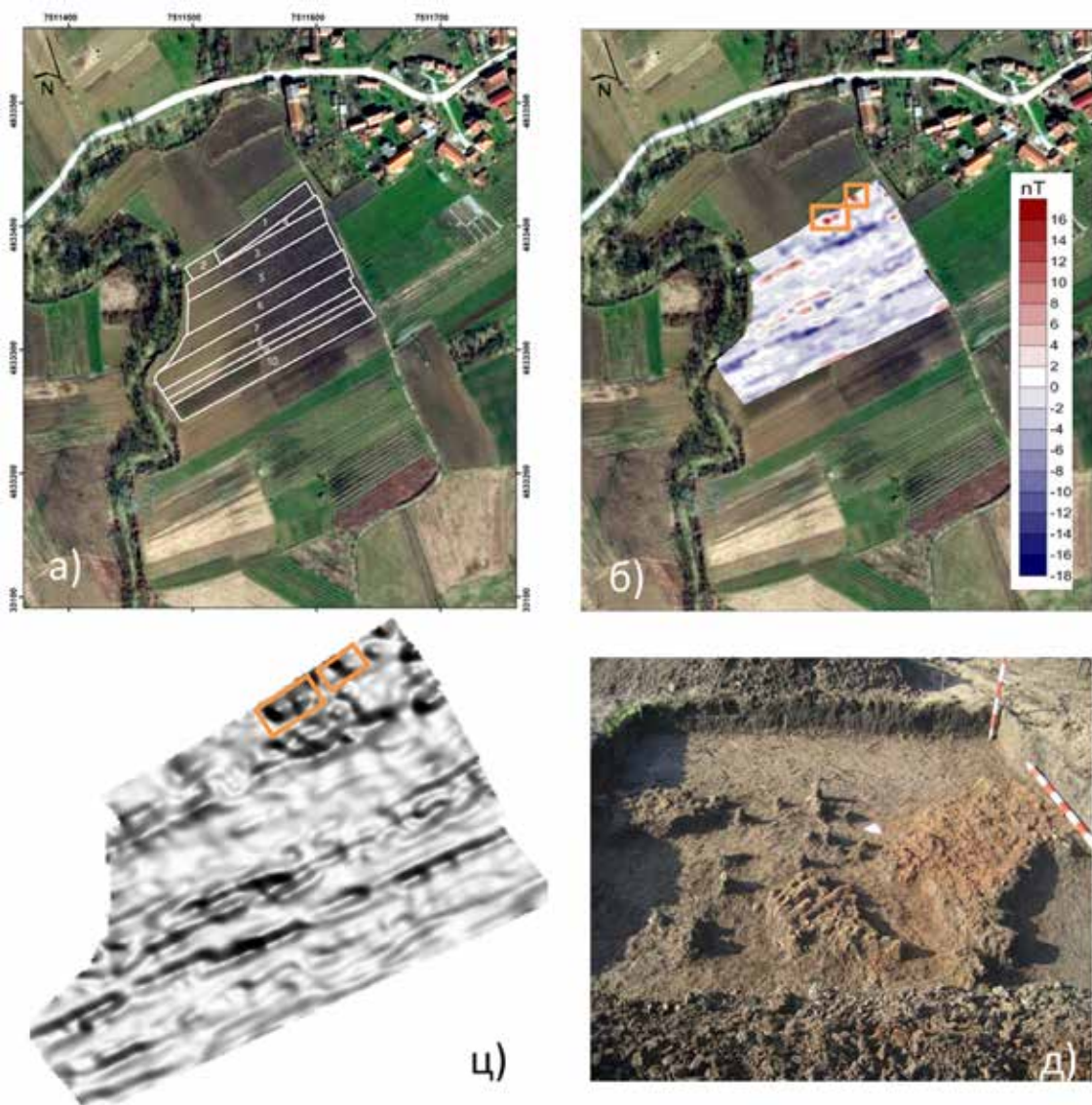
Rezultati i diskusija

Iako je osnovni cilj terenske nastave edukativni, finalni izveštaji i svi rezultati istraživanja stavljaju se na raspolaganje javnosti, pre svega arheološkim ekipama koje vrše istraživanja na datom terenu. Geofizičkim snimanjem lokaliteta od 2016. do 2019. godine i arheološkim istraživanjima tokom 2019. godine, došlo se do važnih rezultata. Paralelno sa ovim metodama, detaljno je istraživana i postojeća pisana građa. Rezultati istraživanja prikazani su prema lokalitetima, u narednom tekstu.

- Zahvaljujući magnetometrijskim ispitivanjima područja Stragari,

ukupne površine oko 2,5 ha, izvršeno je lociranje ostataka materijalnih kultura srednjovekovne starosti i iz neolitskog doba odnosno vitkovačke kulture u neposrednoj blizini Riljačke reke (Sl. 2). U severnom delu istraživanog područja izdvojene su vrednosti anomalija za koje je zaključeno da mogu predstaviti objekte od arheološkog značaja. Na osnovu ovih rezultata, iskopana je pozitivna arheološka sonda (Sl. 2d).

- Na području Počekovine, koje, prema istraživanjima, predstavlja višeslojni lokaliteta naseljavan od antike do srednjeg veka, tokom 2016. godine sprovedena su magnetometrijska istraživanja na ukupnoj površini od oko 0,2 ha. Na ovom lokalitetu, usled prisustva velikog broja smetnji visokog intenziteta, u vidu podzemnih metalnih cevi i pumpi za navodnjavanje, drugih metalnih obejakata, kao i dalekovoda, nisu detektovane pozdane anomalije za dalja istraživanja.



Slika 2. Plan i rezultati magnetometrijskih istraživanja na lokalitetu Šljivik - Stragari, a) poligoni merenja, b) karta vertikalnog gradijenta ZMP, c) prikaz filtrirane karte pod b) u formi senčenog reljefa, d) pozitivna arheološka sonda (Marković u gr., 2017; Vučković u gr., 2017)

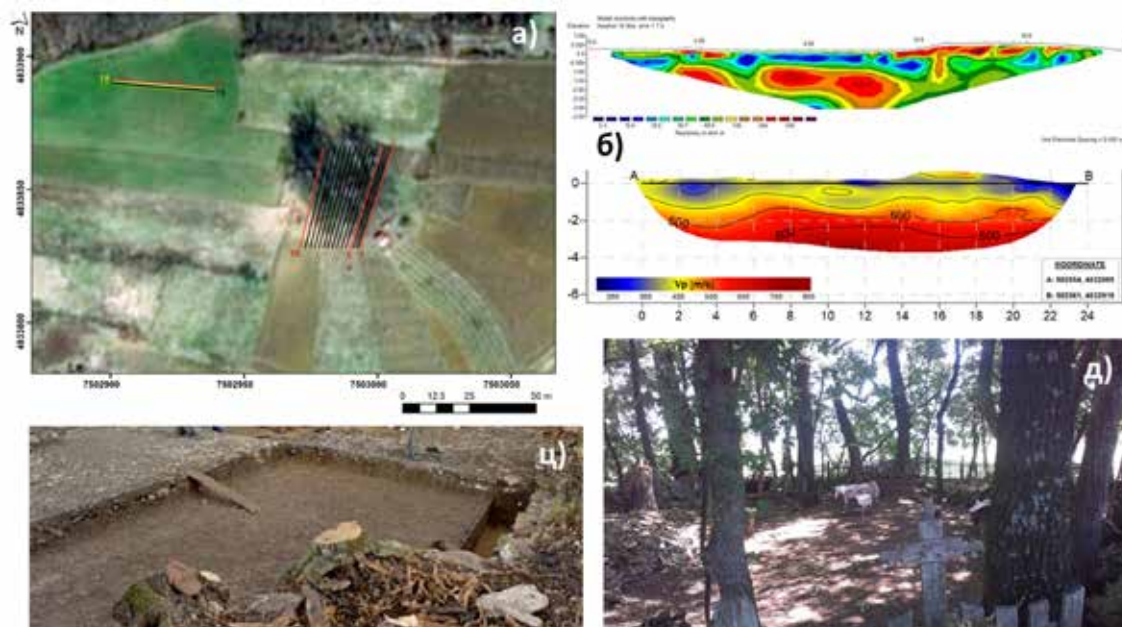
- Na području Veluće sprovedena su magnetometrijska istraživanja na ukupnoj površini od oko 1 ha tokom 2018. i 2019. godine. Analizom i korelacijom svih sprovedenih geofizičkih istraživanja, zaključuje se da postojeće anomalije zone, koje se prostiru u pravcu jugozapad - severoistok, mogu predstavljati objekte od arheološkog značaja. Ovome u prilog idu i pronađeni ostaci opeke na ovom području.

- Na lokalitetu Trnovača su interpretirane anomalije zone koje mogu ukazati na postojanje potencijalnog objekta od arheološkog značaja. Pomenute anomalije zone obuhvataju područje na kojem su i ranijim arheološkim rekognosciranjem terena pronađeni ostaci opeke. Dobijeni rezultati, na 0,2 ha, ukazali su da bi dalja geofizička istraživanja trebala usmeriti ka severu.

- Lokalitet Đurovača je zbog svoje atraktivnosti najduže istraživan, od 2016. do 2019. godine. Ovaj lokalitet

je ujedno bio i poligon za sve tri geofizičke metode: magnetometriju, elektrometriju i seizmometriju (Sl. 3). Najveći deo terena u okolini crkvišta istraživan je magnetometrijskom metodom na površini od oko 1,5 ha. Elektrometrijska i seizmometrijska metoda primenjene su u okviru pretpostavljenog temelja crkve, kao i u neposrednoj blizini, istočno od sadašnjeg položaja crkve. Rezultati istraživanja ukazali su na moguće postojanje dva grobna mesta istočno od crkve, kao i da je crkva površine oko 100 m².

Na osnovu geofizičkih istraživanja, proučavanja zapisa i arheološkog rekognosciranja, tokom 2019. godine sprovedena su opsežna arheološka istraživanja. Na osnovu najnovijih istraživanja procenjeno je da crkva potiče s kraja XVII i početka XVIII veka. Zidovi su bili debljine 70, a temelji dubine 40 centimetara. Crkva je imala dimenzije 8 x 15 metara, izdužena u pravcu istok-zapad. Potvrđeno je postojanje dva groba, ve-



Slika 3. Plan i rezultati geofizičkih istraživanja na lokalitetu Đurovača, a) trase elektrometrijskih i seizmometrijskih ispitivanja, b) elektrometrijski presek (gore) i seizmometrijski profil (dole), c) pozitivna arheološka sonda, d) izgled savremenog crkvišta, preuređenog od strane meštana (Štokić i dr., 2017; Anđelković i dr., 2019)

rovatno iz mlađeg perioda, pri čemu su nađene i kosti odraslog čoveka i deteta.

Na osnovu prikazanih rezultata, može se zaključiti da su istraživanja, proistekla iz sprovođenja terenske nastave, u velikoj meri doprinela boljem poznavanju istorijskih prilika na području opštine Trstenik i dala značajan doprinos daljim arheološkim istraživanjima. Potrebno je napomenuti da ovakvi rezultati deluju vrlo podsticajno na sve studente koju su učestvovali u istraživanju i koji su dali svoj veliki doprinos istraživanjima, kaja će svakako biti temelj i svih budućih istraživanja na ovim lokalitetima.

Zaključak

Studentima se retko pruža prilika da sprovedu projekat u punom obimu, odnosno da isplaniraju terenski rad, izvrše akviziciju podataka, rukuju sa instrumentima, vrše tumačenje podataka i pišu završni izveštaj. Departman za geofiziku, Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, više godina sprovodi terensku nastavu, koja ima upravo takav pristup. Uz pomoć stručnjaka iz oblasti arheologije kao i profesora matičnog departmana, studenti su tokom četiri godine sprovodili istraživanja na pet arheoloških lokaliteta, na ukupnoj površini od oko 5,5 ha, sa ciljem otkrivanja nepokretnih arheoloških celina (objekti, jame, bedemi, itd.) nedestruktivnim geofizičkim metodama. Rezultati ovih istraživanja, koji su potvrđeni daljim arheološkim istraživanjima, stavljeni su na raspolaganje široj zajednici, kao i stručnjacima iz oblasti arheologije.

Bibliografija

- Анђелковић, В., Анђелковић, М., Говедарица, Н., Ђанковић, Н., Ђукић, К., Јелић, А., Јовановић, Н., Јовичић, В., Новичић, Д., Ђорлука, У. 2019.** Елаборат из предмета: Теренска настава из геофизике 1 и 2 - Резултати геофизичких истраживања на археолошким локалитетима Трновача, Велуће и Ђуровача, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
- Богдановић, И. 2010.** Резултати археолошко-геофизичких истраживања на локалитету „Код Кораба“ (источна некропола Виминацијума). *Археологија и природне науке*, 5:
- Васиљевић, Љ. 2014.** *Експлоатација и значај термалних извора у римском периоду на територији Србије*, докторска дисертација, Београд, Филозофски факултет, Универзитет у Београду.
- Вукчевић, Ј. Вукашиновић В. 2018.** Трагом Јефимије, Трстеник, Народни универзитет «Трстеник»: Народна библиотека «Јефимија», 54 – 55.
- Вукчевић, Ј. 2018.** Мали прилог неистраженом црквисту Ђуровача у атару села Богдања (Трстеник), *Годишњак љубостињска приношења 2*, Трстеник 2017, 163 – 168;
- Вукчевић Ј. 2019.** Истраживања средњовековног локалитета Ђуровача, *Баштина*, свеска 46: 365- 389
- Вучковић, Д., Бугар, М., Вукчевић, Ј. 2017.** Резултати геофизичких истраживања археолошких локалитета у зони Трстеника- елаборат. Народни музеј Крушевац, Крушевац
- Говедарица Н., Милошевић А., Новичић Д., Савић Н, Ђукић К., Јовановић Н., Ступар И., Милутин Б., Илић Д., Вујичић П., 2018.** Елаборат из предмета: Теренска

- настава из геофизике 1 и 2 - Резултати геофизичких истраживања на археолошким локалитетима Ђуровача и Велуће, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
Марковић, М., Илић, Д., Вујичић, П., Ђукић, Н., Деспотовић, В. 2017. Елаборат из предмета: Теренска настава из геофизике 1 и 2 - Резултати геофизичких истраживања на археолошком локалитету Страгари, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
Рашковић, Д. 2003. Историјска географија античког периода у крушевачком крају, *Годишњак Историјској архиви Крушеваца, Расински анали 1.*
- Рашковић, Д. 2013.** Римске фибуле из археолошке збирке Народног музеја у Крушевцу, *Зборник Музеја примењене уметности 9: 7 – 13.*
- Рашковић, Д. 2017.** Археолошко налазиште Грабак у селу Почековини и римски локалитети у долини Западне Мораве, *Зборник Народној Музеја XXIII-1: 327 – 343.*
- Ропкић Ђорђевић, А. С. 2016.** *Касноантичке виле русије у Србији,* докторска дисертација, Београд, Филозофски факултет, Универзитет у Београду, 305.
- Стокић, М., Петровић, Б., Спасојевић, И., Станковић, Н., Ђанковић, Н., Марковић, А., 2017.** Елаборат из предмета: теренска настава из геофизике 1 и 2 - Резултати геофизичких истраживања на археолошком локалитету Ђуровача, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
- Wynn, J. C. 1986.** A review of geophysical methods used in archaeology, *Geoarcheology International Journal*, 1/3: 245-257. <https://doi.org/10.1002/geo.3340010302>

PROBLEMI SISTEMATSKE PRIMENE ARHEOLOŠKE GEOFIZIČKE PROSPEKCIJE U SRBIJI

Jugoslav Pendić

Institut BioSens, Univerzitet u Novom Sadu

Ključne reči: geofizika, prospekcija, kulturno nasleđe, neinvazivna detekcija, arheološko kartiranje

Tema upotrebljivosti i važnosti geofizičkih metoda primenjenih u arheologiji je obrađena i publikovana u više navrata (Bonsall et al. 2014, Campana and Piro 2009, Kvamme, K. L. 2003). Brojne studija slučaja su zacementirale pozitivnim (i negativnim) primerima *neophodnost* sistematske primene arheološke geofizičke prospekcije (u daljem tekstu **AGP**) u svakodnevnom istraživačkom radu. Glavni benefit AGP položen je u vrsti rezultata koja dozvoljava *znanje* o arheološkom kulturnom dobru, prethodeći *bilo kakav invazivni angažman*. Uspešna kampanja AGP dozvoljava uvid u, do tada, nevidljivo i mogućnost da se unapred odredi strategija rada, čak i u situacijama gde je struktura lokaliteta ekstremno usložnjena. Ukoliko je potreban plan zaštite lokaliteta, geofizička istraživanja su tu da potpomognu procenu veličine i prostiranja ugrožene zone. Ukoliko je neophodno odrediti fokus rada za predstojeću kampanju, geofizička metodologija nudi brojna rešenja za mapiranje internog rasporeda podpovršinskih struktura. Kada „omanu“ druge, konvencionalnije metode prospekcije terena, geofizički premer *može* da locira i najdrevnije materijalne ostatke ljudskih aktivnosti na datom prostoru.

Ne zalazeći dublje u vrednosti geofizike na ovom mestu, ova prezentacija razmatra temu upotrebe i fokusa geofizičke prospekcije na teritoriji Srbije, primenjene na arheološka istraživanja i zaštitu kulturne baštine, kao i problema koji prate efektivnu implementaciju AGP-a.

Relativno mali deo tržišta koji predstavlja arheološka zajednica u Srbiji je usled uslova i sredstava na raspolaganju, gotovo isključivo fokusiran na primenu geofizičkih metoda na ograničenim površinama. Izbor geofizičkih metoda je limitiran na raspoloživu opremu u vlasništvu podizvođača na teritoriji zemlje - osim u slučajevima gde postoji razvijena saradnja sa jednom ili više međunarodnih partnerskih institucija ili gde postoji spremnost da se angažuju podizvođači iz inostranstva. Pored ovoga, trenutna zakonska regulativa za vođenje dokumentacije sa arheoloških istraživanja, ne uzima u obzir kompleksnost podataka dobijenih sa AGP. Ostavlja se veliki prostor slobodnom tumačenju šta je zapravo kompletiran isporučivi rezultat jedne uspešne kampanje prospekcije. I naposljetku, proces *učenja* AGP tehnologije i primenljivosti je u stagnaciji: nedostaje pokretački impuls koji bi proširio primenu i preuredio tržište na način bliži potrebama arheološke zajednice.

Ograničenja industrije

Arheološki sektor u Srbiji ne prati – niti je u mogućnosti da prati ostale industrije po sistemu i dostupnosti finansiranja.

Važeći zakoni propisuju obavezu finansiranja zaštite i promocije kulturne baštine u situacijama gde postoji *konflikt* sa prostornim planom postojećeg ili predloženog infrastrukturnog projekta (Закон о културним добрима, „Службени гласник РС“, бр. 71/94). Propisana su pravila angžmana i restriktivne mere za investitora koji je obavezan da drugim – *nesrazmerno velikim* budžetskim troškovima – pridoda i troškove neophodne za sanaciju i zaštitu arheološkog kulturnog dobra. Čak i ovako skromno učešće investitora je, u poređenju sa sistemski dostupnim finansiranjem za arheološka istraživanja, neuporedivo obimnije. Primena AGP u zaštitnoj arheologiji ipak ne teče glatko iz potpuno drugih razloga: što zbog hotimice usporene aktivacije zaštitarskog sektora, kada često nema vremena za pripremna istraživanja; što zbog toga što je teško demonstrirati investitoru prednosti finansiranja metodologije koja ne rešava *momentalno* „problem“ arheološkog lokaliteta koji je na putu gradilištu.

Arheološka istraživanja koja se oslanjaju na već postojeće planove finansiranja Ministarstva kulture i druga – lokalno dostupna sredstva, nasuprot prethodnima, su budžetski izuzetno ograničena. Bez ulaska u temu strategije državne podrške za arheološke radove, može se reći da su projekti, koji mogu u potpunosti da zadovolje svoj programski plan iz budžetskih sredstava RS, u manjini.

Ovo forsira istraživače u planiranje i izvedbu kampanja koje prostorno veoma fokusirane, isključivo na zone gde se očekuje najveći učinak, odno-

sno na očigledne mete (centralne zone lokaliteta; koncentracije površinskog materijala, zone poznate iz literature i prethodnih istraživanja kao žarišta „aktivnosti“ itd.). Na ovaj način se potpuno ignorišu izuzetno bogate mogućnosti za detekciju i analizu drevnih procesa koji su se odvijali na širokom potezu pejzaža oko samog arheološkog kulturnog dobra; drugim rečima, kontekst je silom prilika izbačen iz jednačine, a zamenjen je svojevrsnim lovom na anomalije.

Zakonski okviri

Geofizička istraživanja, primenjena na arheološko istraživačko pitanje jesu arheološka istraživanja. Neophodne dozvole za realizaciju, kontrola nad izvedbom i finalni proizvodi AGP radova po pravilu potpadaju pod ingerencije resornog Ministarstva kulture i informisanja RS i posebnih instanci Ministarstva.

Rezultat AGP kampanje je prostorni pregled „nevidljivog“, materijalnih ostaka iz drevne prošlosti. Proces je kompleksan i a takve su i izlazne informacije. Nabrojmo nekolicinu proizvoda iz radnog toka: sirovi podaci, prostorni datumi, prostorno referencirani i obrađeni podaci, čitljivi izlaz (karta), pisani izveštaj o uslovima i metodama akvizicije i obrade podataka; sve ovo su neophodne (iako ne univerzalno korisne) komponente AGP kampanje. Razložimo ovo na konkretnom primeru:

Za geofizičku prospekciju lokaliteta Staro Selo – Idvor (slika 1, gore), bilo je neophodno obaviti pripremne radove: odrediti sezonu i vreme prospekcije, ustanoviti da je interesnoj zoni moguće pristupiti dostupnim vozilom, istražiti istorijat lokacije i zabeležiti potencijalne otežavajuće faktore za prospekciju. Tokom samog angažmana bilo je neophodno transportovati i kalibrirati opremu, odrediti istražne poligone i

obaviti prikupljanje geodetskih datuma. Sama akvizicija geofizičkih merenja je podrazumevala testiranje instrumenta, osiguravanje da sve komponente (sonde/senzori, nemagnetična kolica, odometar i data logger) funkcionišu prema specifikacijama proizvođača. Bilo je potrebno izvršiti i proveru merenja na terenu po kompletiranoj akviziciji. Podatke je trebalo dalje konvertovati iz sirovog formata uređaja, obaviti translaciju u odgovarajuću geodetsku projekciju, obraditi podatke i izraditi kartografski prikaz rezultata, poželjno u formatu momentalno čitljivom u GIS softveru.

Celokupni opisani proces može trajati i samo par sati, ali i više dana pa i nedelja, u zavisnosti od veličine površine, uređaja i željenog proizvoda. U svakom koraku ove operacije moglo je doći do kritičnog efekta na izvedbu i rezultate AGP-a – drugim rečima, kritičnog efekta na arheološku dokumentaciju celog poduhvata. Na ovom mestu treba naznačiti da je arheološka dokumentacija – ako išta – živ i aktivan zapis i to ne mesecima ili godinama, već decenijama posle okončanja aktivnosti na terenu. Svaki aspekt koji utiče na formaciju tog zapisa je izuzetno važan – u slučaju geofizičkih istraživanja i više nego uobičajeno.

Ova kompleksnost nije dovoljno dobro predstavljena u zakonskoj proceduri (Правилник о обрасцима за документацију која се води о археолошком ископавању и истраживању, „Службени гласник РС“ бр. 19/95, 102/06) i dozvoljava mogućnosti da jedna ili više komponenti, sve do samog čitljivog izlaza, bude ispuštena iz obaveznog priloga po kompletiranoj AGP kampanji. Ovo je loše za zaštitu integriteta istraživačkog procesa (ostavlja se mogućnost nesupervizovane izmene sirovih podataka, nedostupnosti kom-

pletnog pregleda radnog toka, kao i uskraćivanje *odgovarajućeg* izlaznog, čitljivog formata rezultata). Posebno je negativan efekat nedostatka *stimulacije* istraživača da bude blizak sa celokupnim procesom.

Proces učenja

Oprema, osoblje obučeno za rukovanje opremom i obradu prikupljenih podataka, nisu nužno uvezani na isti način sa arheološkim sektorom, kao što jesu predmeti njihove aktivnosti, odnosno arheološki lokaliteti. Oni često pripadaju drugim „industrijama“; stoga su iskustvo i odabir opreme, dinamika radova i poznavanje materije formirani drugim tržištima i ne predstavljaju nužno osnovne potrebe arheoloških istraživanja u Srbiji. U ovom ustrojstvu, proces edukacije arheološke zajednice je nepostojeći: podizvođač nije angažovan da vrši diseminaciju znanja i tehnika (između ostalog), već da obavi konkretan (terenski) *zadatak*.

Arheološka zajednica bi morala da bude naklonjena da razvija dostupnost tehnologije, ali i povezanih znanja i tehnika upotrebe; te da ispita mogućnosti da preuzme deo ili većinski teret tržišta na sebe. Cilj nije u samodovoljnosti – po premisi AGP je interdisciplinarni pristup arheološkom istraživanju koji podrazumeva učešće stručnjaka izvan arheologije - geofizika u arheologiji. Cilj je u ojačavanju kapaciteta arheološke zajednice za **aktivnije** učešće. Pored treninga za profesionalnu zajednicu, neophodno je i uzeti u obzir da impuls za razvojem mora poteći i direktno iz mesta edukacije novih arheologa; Odeljenje za Arheologiju mora da poseduje mogućnosti da praktično demonstrira tehnologiju i podučava nove polaznike.

Analizom reprezentativnih studija slučaja AGP u poslednjoj deceniji, prepoznaje se nekoliko skupova faktora koji negativno utiču na brže usvajanje geofizičkih metoda kao stalnog alata u arheološkom istraživanju. Ovaj rad se bavi ovim preprekama i konkretnim rešenjima koje je potrebno preuzeti za njihovo prevazilaženje: doradama propisa vezanih za arheološka istraživanja, razvijanje stalne potrebe za novim projektima AGP i diseminacijom znanja.



Slika 1. Primeri lokalizovane prospekcije (gore), geofizičke prospekcije na prostoru od 2 do 10 hektara (sredina) i prospekcije na velikim prostorima (10 – 50 ha i više).

Bibliografija

- Bonsall, J., Gaffney, C., Armit, I. 2014.** A Decaded of Ground Truthing: Reappraising Magnetometer Prospection Surveys on Linear Corridors in light of Excavation evidence 2001-2010“, in: A Sense of the Past: Studies in current archaeological applications of remote sensing and non-invasive prospection methods, Kamermans H., Gojda M., Posluschny, A. G. (eds.), BAR international Series 2588, Oxford: 3 - 17
- Campana S., Piro S. (ed.) 2009.** Seeing the Unseen – Geophysics and Landscape Archaeology. London.
- Kvamme, K. L. 2003.** Geophysical surveys as Landscape Archaeology. *American Antiquity* 68/3: 435 – 457
- Правилник о обрасцима за документацију која се води о археолошком ископавању и истраживању.** „Службени гласник РС“ бр. 19/95 , 102/06.
- Закон о културним добрима.** „Службени гласник РС“, бр. 71/94.

REKONSTRUKCIJA PALEOSREDINA NA OSNOVU SITNIH SISARA, HERPETOFAUNE I MEKUŠACA I NJENA PRIMENA U ARHEOLOGIJI

Katarina Bogićević

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dragana D. Đurić

Prirodnjački muzej, Beograd

Draženko Nenadić

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Barbara Radulović

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Mihailo Jovanović

IPHES, Institut Català de Paleocologia Humana i Evolució Social, Tarragona, Spain; Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Tarragona, Spain

Aleksandra Savković

Mladenovac

Ključne reči: *paleosredine, pleistocen, sitni sisari, herpetofauna, mekušci*

Proučavanje ostataka životinja ima veliku važnost za arheologiju i predmet je naučne discipline arheozoologije (ili zooarheologije). Ispitivanjem fosilnih ostataka, naročito kostiju sisara, ali i ljuštura mekušaca, mogu se dobiti značajni podaci o načinu života ljudi u prošlosti – koje su životinje gajili, a koje lovili, da li su koristili kosti za izradu oruđa ili ljuštura kao nakita, i slično. Manje poznata, ali isto tako važna, oblast u kojoj paleontologija može pomoći arheologiji, jeste rekonstrukcija paleosredina. U ovom radu akcenat je stavljen na tri grupe životinja: sitni sisari, herpetofauna i mekušci, ali treba naglasiti da se za rekonstrukciju

paleosredina mogu koristiti i fosili drugih životinja i biljaka.

Sitni sisari su neformalna taksonomska kategorija, koja obuhvata glodare, zečeve i njihove srodnike, bubojede i slepe miševе. Zajedničko za ove sisare je to što su im ostaci sitni, pa se proučavaju pod mikroskopom (lupom). Ostaci sitnih sisara su brojni u fosilnom stanju, što je njihova prednost u odnosu na krupne sisare, čiji su ostaci često izolovani i sporadični. Za određivanje vrsta uglavnom se koriste zubi i vilice, jer su ostali delovi skeleta slično građeni i nisu dovoljno karakteristični. U herpetofaunu spadaju

tzv. hladnokrvni (često se koristi i pogrešan naziv „niži“) kičmenjaci, odnosno gušteri, zmije, kornjače, žabe i bezrepi vodozemci. U mekušce spadaju puževi i školjke, čije su ljuštore izrađene od kalcijum-karbonata i zato se često očuvaju u fosilnom stanju.

Zašto je uopšte važna rekonstrukcija paleosredina? Kao prvo, ona govori kakvi su uslovi vladali u okolini lokaliteta – da li je postojala šuma ili otvoreno stanište; da li je klima bila topla ili hladna, vlažna ili suva. Na taj način saznajemo nešto o sredini u kojoj se odvijao ljudski život i o izazovima sa kojima se suočavao; promenama koje su dovodile do migracija ili adaptacija na novonastale uslove.

Najbolji indikatori klimatskih uslova životne sredine su organizmi koji direktno zavise od spoljašnjih uslova, kao što su vegetacija i organizmi koji mogu živeti samo u uskim temperaturnim rasponima. Herpetofauna spada u takve organizme. Toplokrvni organizmi, kao što su ptice i sisari, mnogo manje su zavisni od temperature, ali zavise od izvora hrane, pa nam na taj način, indirektno, govore o uslovima u kojima su živeli.

Prilikom rekonstrukcije paleosredina koristi se aktualistička metoda, odnosno, smatramo da su današnji oblici živeli u istim ili sličnim uslovima i u prošlosti. Međutim, ova metoda ima svoja ograničenja. Može se primenjivati u holocenu i pleistocenu, za vrste i rodove koji i danas žive, ali za starije periode njena upotreba je ograničena. Pored toga, treba ispitati kako su ostaci faune dospeli u sediment i da li određena paleoasocijacija zaista odgovara sastavu faune u datom vremenu ili predstavlja samo slučajnu asocijaciju nastalu kao posledica sortiranja pri transportu, ili izbora plena kod različitih grabljivica. Ovi problemi bili su predmet posebnih studija (Andrews, 1990; Pokines, 1998).

Sitni sisari, a naročito glodari, zavise od uslova sredine, pre svega od tipa vegetacije (šuma, stepa, močvara i drugo), a posredno i od klimatskih uslova (temperature i vlažnosti) (Kowalski, 1995). Već i preliminarni pregled fosilne asocijacije sitnih sisara daje nam podatke o sredini – asocijacija u kojoj dominiraju jedna ili dve vrste, nastala je u ekstremnoj, nepovoljnoj sredini. Raznovrsna asocijacija govori o povoljnoj sredini sa blagom klimom. Iako se za rekonstrukciju paleosredine koristi sastav čitave asocijacije, ponekad su i nalasci pojedinih vrsta dovoljno indikativni da ukažu na tip staništa ili klimatske uslove. Tako je nalazak vrste *Apodemus epimelas*, koja danas živi u uslovima tople mediteranske klime, u pleistocenskim naslagama pećine Mala Balanica kod Niša ukazao da je reč o toplom periodu srednjeg pleistocena (Mihailović & Bogićević, 2016).

Poseban problem pri rekonstrukciji paleosredina u našem području na osnovu sitnih sisara je taj što klimatske promene na Balkanskom poluostrvu nisu bile tako oštre kao u srednjoj i zapadnoj Evropi, pa ne postoje drastične razlike u sastavu, na osnovu kojih bismo lako razlikovali faunu glacialnih i interglacialnih perioda. Na primer, vrste koje u srednjoj Evropi predstavljaju indikatore otopljanja, na Balkanu se javljaju i tokom hladnih, pa čak i najhladnijih perioda. Zato je pri rekonstrukciji paleoklime potrebna dodatna opreznost i mora se voditi računa o finim razlikama između asocijacija nastalih u različitim periodima. U Srbiji se, recimo, hladniji periodi odlikuju većim širenjem stepskih vrsta, dok su u toplijim periodima preovlašivali stanovnici šuma.

Neke grupe sitnih sisara, kao što su hrčci (Cricetidae) i voluharice (Arvicolidae), predstavljaju indikatore otvorenih sredina, i više su zastupljene tokom hladnijih perioda, dok su puhovi (Gliri-

dae/Myoxidae) i miševi (Muridae) stanovnici šuma i preovlađuju tokom toplijih perioda.

Najjednostavniji (i najčešće primenjivan) način rekonstrukcije tipa staništa je metoda ekoloških grupa, gde se svakoj vrsti dodeli tip staništa u kojoj danas najčešće živi, pa se zatim odredi procentualna zastupljenost svake grupe sabiranjem zastupljenosti pojedinih vrsta te grupe. Varijanta ove metode je tzv. TH-indeks (Evans et al., 1981), gde se za svaku vrstu odredi afinitet prema 9 vrsta staništa. Prednost ove metode je to što otkriva prisustvo „skrivenih“ staništa, odnosno staništa koja nemaju neke određene vrste kao indikatore, kao što su, na primer, četinarske šume.

Druga metoda za rekonstrukciju tipa staništa je izrada cenograma (Montuire & Desclaux, 1997; Montuire, 1999). Ova metoda koristi podatke o celokupnoj sisarskoj fauni na lokalitetu, izuzev slepih miševa i mesoždera. Na Y-osu cenograma nanose se prirodni logaritmi mase tela sisara, idući od najvećih do najmanjih, a na X-osu redni broj vrste. Oblik linije koju dobijamo zavisi od osobina sredine. Kontinuirana linija odlikuje zatvorene sredine (šume), a prekinuta linija - otvorene sredine (stepe, livade). Vlažne sredine imaju liniju sa ujednačenim i relativno blagim padom, dok suve sredine imaju strm pad na levom delu linije, dok se na desnoj strani pad ublažava.

Sitni sisari se koriste i za rekonstruisanje klimatskih uslova, odnosno količine padavina (vlažnosti) i temperature. Postoji čitav niz metoda, od jednostavnih, kao što su utvrđivanje prisustva vrsta (ili grupa) koje su klimatski indikatori, pa do različitih statističkih metoda. Jednostavna metoda koja je korišćena pri rekonstrukciji vlažnosti u pećini Atapuerka u Španiji (Lopez Antoñanzas & Cuenca Bescos, 2002) predstavlja odnos

između broja jedinki soricina (rovčica), koje su indikator vlažnosti i kricetina (hrčaka), kao indikatora suve klime. Što se temperature tiče, najjednostavnije je izračunati procenat glodara u ukupnoj fauni sisara (i krupnih i sitnih) – visok procenat govori o toploj, a nizak o hladnoj klimi (Montuire et al., 1994.). Postoje metode kojima se izračunava apsolutna temperatura na osnovu prisustva vrsta voluharica (za umerene predele), odnosno miševa (za tropske krajeve) (Montuire, 1996). Sličnu metodu, na osnovu voluharica, razvio je Kretzoi (1957), a dopunili Jánossy & Kordos (1976) i Kordos (1987) za predele centralne Evrope.

Fosilni ostaci vodozemaca i gmizavaca su se pokazali kao veoma korisni elementi pri proceni paleoekoloških i paleogeografskih karakteristika sredina u kojima su pronađeni. Kao prednost pri korišćenju herpetofaune za paleorekonstrukcije Holman (1988) ističe veću prostornu ograničenost vodozemaca i gmizavaca u odnosu na toplokrvne sisare i ptice, zbog čega ih smatra boljim indikatorima paleoekoloških uslova na znatno manjim prostorima. Ratnikov (1996) je na primeru istočnoevropskih vodozemaca i gmizavaca formirao ekološke tipove u odnosu na njihovu preferenciju staništa i prisustvo u određenim klimatskim biozonama (tabela 1). Ektotermni vertebrati mogu se razvrstati u tri ekološka tipa:

- Vrste zatvorenih biotopa (biozone šuma)
- Vrste otvorenih biotopa (biozone pustinja, stepa)
- Intrazonalne vrste (nisu direktno vezane za promene biozona): takve vrste zahtevaju specifične mikroulove. *B. bombina* se sreće u malim toplim barama, dok *P. fuscus* preferira suva, ali rastresita zemljišta, pogodna za kopanje. Ove vrste su najčešće u zonama stepa i šumostepe, ali mogu sporadično da se sretnu i u izrazito šumskim zonama.

Koristeći temperaturne fluktuacije tokom glacijacije Böhme (1996) je napravio centralnoevropski model sukcesije pojedinih vrsta herpetofaune tokom perioda zahlađivanja i otopljanja (tabela 2). Ovaj model zasniva se na manje-više pravilnom pojavljivanju određenih herpetovrsta u zavisnosti od stepena zahlađivanja/otopljanja tokom pleistocena.

Iz dosada proučenih pećina na teritoriji Srbije gornjopleistocenske starosti (tabela 3) u herpetološkim asocijacijama preovlađuju vrste koje se prema ovom modelu javljaju u toplijim stadijumima (III i IV tabela 2) kvartarnih klimatskih ciklusa.

U ova dva slučaja (Ratnikov, 2016; Böhme, 1996), korišćeni su podaci zasnovani na rasprostranjenju herpetofaune u centralnoj i istočnoj Evropi. Primenljivost ovih šema na teritoriju Srbije je ograničena, usled različitih lokalnih klimatskih uslova i rasprostranjenja herpetofaune tokom pleistocena. Potrebno je izraditi tabelu rasprostranjenja herpetofaune u pleistocenu za teritoriju Srbije i Balkanskog poluostrva, i njene povezanosti sa različitim uslovima i staništima, čime se bavi jedan od autora ovog teksta (M. Jovanović).

MCR metoda („mutual climatic range“) (López-García et al., 2008) rekonstruiše klimu na osnovu obe grupe sitnih kičmenjaka. Na geografsku kartu određene oblasti se nanose današnja rasprostranjenja svih vrsta faune sitnih sisara i herpetofaune, a zatim se porede sa paleoasocijacijom i nalazi se „preklapanje“ (odnosno teritorija na kojoj danas žive sve vrste prisutne u paleoasocijaciji). Smatra se da su klimatski uslovi u vreme formiranja paleoasocijacije bili slični klimatskim uslovima na tom „preklopljenom“ području.

Ostaci kvartarnih mekušaca takođe predstavljaju odličan indikator sre-

dine stvaranja naslaga, naročito paleoklimatskih prilika. Karakteristične vrste ili indeks-fosili mogu pružiti dragocene podatke o klimi i njenim varijacijama, jer su pojedine vrste posebno prilagođene na toplu ili hladnu klimu, na život na kopnu ili u vodenoj sredini. Na osnovu paleoekoloških karakteristika kvartarni mekušci ukazuju i na širok dijapazon staništa. Tako se mogu dobiti podaci da li je neposredno okruženje bilo šumskog, stepskog ili otvorenog tipa (vlažnih livada do stepa), da li su to vrste koje su isključivo vezane za les i kopnene uslove života, ili su to bili vlažni tereni, močvarne i vodene sredine i slično.

Karakteristike asocijacija mekušaca povezanih sa hladnim ili toplim etapama tokom kvartara mogu se koristiti za rekonstrukciju paleoekoloških uslova sredine, naročito paleoklimatskih. Tako se, na primer, pretpostavka da su se u toku glacijalnih perioda naizmenično smenjivale hladne i tople etape zasnivala na smenjivanju “hladne faune” sa prisustvom puževa vrste *Chondrula tridens* i “tople faune” za koju je karakteristična vrsta *Arianta arbustorum*.

Takođe, slatkovodne pleistocenske školjke iz roda *Corbicula*, imaju veliki klimato-stratigrafski značaj u aluvijalnim kvartarnim naslagama severnih delova Srbije. Na osnovu analogije sa savremenim korbikulama, naslage sa prisustvom pleistocenskih korbikula pripadaju toplim rečnim fazama. Po dolasku hladnih klimatskih etapa u srednjem pleistocenu, korbikule su se povukle iz Panonskog basena u toplije predele, naseljavajući u mlađem pleistocenu i holocenu prostore u južnom delu Kaspijskog basena, srednjoj Aziji, Indiji i toplije krajeve američkog kontinenta. U nekoliko poslednjih decenija konstatovano je da se školjke roda *Corbicula* ponovo naseljavaju na prostorima Podunavlja severne Srbije i susednih oblasti (Nenadić et al., 2019).

Važni podaci o paleoklimatskim karakteristikama životne sredine mogu se dobiti geohemijskim proučavanjima sadržaja izotopa kiseonika u ljušturama mekušaca. Prednost ovakvih proučavanja je u tome što ona omogućavaju da se temperatura vode u kojoj su živeli neki organizmi ili gde su nastale neke tvorevine, izrazi i numerički, odnosno konkretnim iznosom broja Celzijusovih stepeni. Tako se, analizirajući izotopski sastav školjaka iz uzastopnih priraštaja mogu dobiti ne samo informacije o sezonskim varijacijama klime, već i podaci o globalnim klimatskim promenama (Leng & Lewis, 2016).

Upotreba sitnih kičmenjaka i mekušaca za rekonstrukciju uslova paleosredine i paleoklime nalazi se tek u povoju. Paleontolozi različitim metodama pokušavaju da poredeći distribuciju jedne ili više grupa sitnih kičmenjaka ili mekušaca (fosilnih i savremenih) protumače paleoekološke uslove istraživanog područja. Svaka od opisanih metoda ima svoje prednosti i nedostatke. Zato radi veće preciznosti treba kombinovati različite vrste metoda. Na razradi ovih metoda danas rade brojni paleontolozi širom sveta i ova vrsta proučavanja u budućnosti biće od velike koristi kako za geonauku, tako i za arheologiju.

Bibliografija

Andrews, P. 1990. *Owls, caves and Fossils: predation, preservation and accumulation of small mammal bones in caves, with analysis of the Pleistocene cave faunas from Westbury-sub-Mendip, Somerset, UK.* Natural History Museum, London.

Böhme, G. 1996. Zur historischen Entwicklung der Herpetofaunen Mitteleuropas im Eiszeitalter (Quartar). In: Gunther, R. (Ed.). *Die Amphibien und Reptilien Deutschlands.* Gustav Fischer, Stuttgart: 30–39.

Evans, E. M. N., Van Couvering, J. A. H. & Andrews, P. 1981. Palaeoecology of Miocene sites in western Kenya. *Journal of Human Evolution* 10: 99–116.

Holman, J.A. 1998. *Pleistocene amphibians and Reptiles in Britain and Europe.* Oxford University Press, Oxford.

Jánossy, D. & Kordos, L. 1976. Pleistocene-Holocene Mollusc and Vertebrate Fauna of two caves in Hungary. *Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici*, 68: 5-29.

Kordos, L. 1987. Climatostratigraphy of Upper Pleistocene Vertebrates and the Conditions of Loess Formation in Hungary. *GeoJournal* 15(2): 163-166.

Kowalski, K. 1995. Lemmings (Mammalia, Rodentia) as indicators of temperature and humidity in the European Quaternary. *Acta Zoologica Cracoviensia* 38(1): 85-94.

Kretzoi, M. 1957. Wirbeltierfaunistische Angaben zur Quartärchronologie der Jankovich-Höhle. *Folia Archaeologica* 9: 16-21.

Leng, M. J. & Lewis, J. P. 2016. Oxygen isotopes in Molluscan shell: Applications in environmental archaeology, Environmental Archaeology. *The Journal of Human Palaeoecology* 21 (3): 295-306.

López Antoñanzas, R. & Cuenca Bes-

- cós, G. 2002.** The Gran Dolina site (Lower to Middle Pleistocene, Atapuerca, Burgos, Spain): new palaeoenvironmental data based on the distribution of small mammals. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 186: 311-334.
- López-García, J. M., Blain, H.-A., Cuenca-Bescós, G. & Arsuaga, J. L. 2008.** Chronological, environmental and climatic precisions on the Neanderthal site of the Cova del Gegant (Sitges, Barcelona, Spain). *Journal of Human Evolution* 55: 1151-1155.
- Mihailović, D. & Bogićević, K. 2016.** Technological changes and population movements in the late Lower and early Middle Palaeolithic of the Central Balkans. In: K. Harvati & M. Roksandić (Eds.), *Paleoanthropology of the Balkans and Anatolia: Human evolution and its context*, 139-151. Dordrecht: Springer.
- Montuire, S. 1999.** Mammalian Faunas as Indicators of Environmental and Climatic Changes in Spain during the Pliocene-Quaternary Transition. *Quaternary Research* 52: 129-137.
- Montuire, S. & Desclaux, E. 1997.** Palaeoecological analysis of mammalian faunas and environmental evolution in the South of France during the Pleistocene. *Boreas* 26: 355-365.
- Montuire, S., Sen, S. & Michaux, J. 1994.** The Middle Pleistocene mammalian fauna from Emirkaya-2, Central Anatolia (Turkey): Systematics and paleoenvironment. *Neues Jahrbuch für Paläontologie und Geologie Abhandlungen* 193(1): 107-144.
- Nenadić, D., Knežević, S., Bogićević, K. & Radulović, B. 2019.** Stratigraphic and Palaeoecological significance of *Corbicula* clams in Quaternary deposits of Serbia. 2. Kongres geologa Bosne i Hercegovine, Zbornik radova 6, knjiga sažetaka, Laktaši 2-4. oktobar, 173-177.
- Pokines, J. 1998.** The Paleoecology of Lower Magdalenian Cantabrian Spain. BAR International Series S713, Oxford.
- Ratnikov, V. Yu. 1996.** Methods of Paleogeographic reconstructions based up on fossil remains of amphibians and reptiles of the Late Cenozoic of the East European platform. *Paleontological Journal* 1: 75-80.
- Ratnikov, V. Yu. 2016.** Dynamics of East European modern amphibians and reptiles species distribution areas and their potential use in Quaternary stratigraphy. *Comptes Rendus Palevol* 15(6): 721-730.

Tabela 1. Distribucija savremene herpetofaune u određenim biotopima (prema Ratnikov 2016): ++ česta, + sporadična

vrste	tundra	tundro–tajga i četinarske šume	mešovite i listopadne šume	šumo– stepa	stepa	pustinja
<i>Bombina bombina</i>			++	++	++	
<i>Pelobates fuscus</i>			+	++	++	
<i>Bufo bufo</i>		++	++	++		
<i>Bufotes viridis</i>			+	++	++	++
<i>Pelophylax ridibunda</i>			+	++	++	++
<i>Pelophylax lessonae</i>			++	++		
<i>Rana temporaria</i>		++	++	++		
<i>Rana arvalis</i>	+	++	++	++	+	
<i>Anguis fragilis</i>		+	++	++	+	
<i>Lacerta viridis</i>			++	++	+	
<i>Lacerta agilis</i>		+	+	++	++	
<i>Zootoca vivipara</i>	+	++	++			
<i>Coronella austriaca</i>			++	++	+	
<i>Zamenis longissimus</i>			++	++		
<i>Elaphe quatuorlineata</i>			++	++		
<i>Natrix natrix</i>		++	++	++	+	
<i>Natrix tessellata</i>				+	++	+
<i>Vipera berus</i>		++	++	++		
<i>Vipera ursini</i>				++	++	+
<i>Vipera ammodytes</i>			+	++	++	

Tabela 2. Srednjoevropski model smene herpeto-vrsta tokom kvartarnih klimatskih ciklusa (prema Böhme 1996).

kvartarni klimatski ciklusi	karakteristične vrste
maksimalno hladan stadijum glacijala	<i>Rana temporaria</i>
završni deo hladnog stadijuma	<i>Bufo bufo, Rana arvalis, Vipera berus</i>
rani period stadijuma otopljanja	<i>Rana dalmatina, Rana lessonae, Triturus cristatus, Lissotriton vulgaris, Anguis fragilis, Lacerta agilis, Coronella austriaca, Natrix natrix</i>
maksimalno topao stadijum	<i>Salamandra salamandra, Bombina bombina, Hyla arborea, Pelobates fuscus, Pelophylax ridibundus, Lacerta viridis, Zamenis longissimus, Emys orbicularis</i>
završni deo toplog stadijuma	<i>Epidalea calamita, Bufotes viridis</i>
smena (granica) toplog i hladnog stadijuma	<i>Rana temporaria, Bufotes viridis, Zootoca vivipara, Vipera berus</i>

Tabela 3. Broj vrsta iz kvartarnih pećina karakterističnih za određene kvartarne klimatske cikluse (prema Böhme, 1996).

PEĆINA/KVART.KLIM.CIKLUSI	I	II	III	IV	V	VI
Mala Balanica			1	2		
Velika Balanica			3	1		
Pešturina	1		4	3		2
Hadži Prodanova pećina	1		2	2		2
Baranica			6	1		3
Vrelska pećina		1	3	2		2

ULOGA SITNIH KIČMENJAKA I MALAKOFAUNE U BIOSTRATIGRAFIJI PALEOLITSKIH NASLAGA

Katarina Bogićević

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Draženko Nenadić

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dragana D. Đurić

Prirodnjački muzej, Beograd

Barbara Radulović

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Aleksandra Savković

Mladenovac

Mihailo Jovanović

IPHES, Institut Català de Paleoeologia Humana i Evolució Social, Tarragona, Spain; Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Tarragona, Spain

Ključne reči: *biostratigrafija, pleistocen, sitni sisari, herpetofauna, mekušci*

Biostratigrafija je deo stratigrafije, odnosno geologije, koji se bavi određivanjem relativne starosti stena na osnovu fosilnih ostataka sadržanih u njima. Još je početkom 19. veka engleski geolog Vilijam Smit, izrađujući prvu geološku kartu Engleske, uočio da svaki sloj sedimentnih stena sadrži karakteristične fosilne ostatke i da se ti ostaci uvek javljaju u istom međusobnom redosledu. Ovaj redosled odražava istorijski razvoj flore i faune. Na osnovu fosila i drugih osobina stena u kojima su nađeni, izdvojena su tri velika vremenska perioda u geološkoj istoriji i smišljena imena za njih: paleozoik, mezozoik i kenozoik. Na taj način bilo je moguće odrediti tzv. relativnu starost stena, odnosno koja stena

je starija, a koja mlađa. Tek od sredine 20. veka, sa razvojem nuklearne fizike, postalo je moguće odrediti i apsolutnu starost stena i fosila, izraženu u godinama.

Različite vrste fosilnih biljaka i životinja mogu imati veliki značaj za biostratigrafiju. One koje imaju veliki značaj zovu se karakteristični ili indeks fosili. To su vrste koje: a) imaju brzu evoluciju – tj. malo vertikalno rasprostranjenje (kratak „život“ vrste); b) sreću se u slojevima različitog litološkog sastava; c) javljaju se često i u velikom broju; d) morfološki su jasno određene (prepoznatljive) (Rabrenović i dr., 2003). Mnoge fosilne vrste, međutim, imaju dugo rasprostranjenje kroz geološku prošlost,

pa se na osnovu njih ne može određivati relativna starost naslaga u kojima su nađene.

Sitni sisari, a naročito glodari, imaju veliki stratigrafski značaj za neogen i kvartar zbog svoje brze evolucije, pa često služe kao indeks fosili za kopnene tvorevine (Fejfar & Heinrich 1983).

M. Kretzoi (1941) je prvi napravio podelu kvartara na osnovu glodarskih fauna u Mađarskoj. Predložio je dve jedinice: vilanijen i biharijen. Kasnije je dodao i naziv toringijen (Fejfar & Heinrich, 1981) za najmlađu biohronološku jedinicu koja dolazi posle biharijena. Ove jedinice izdvojene su na osnovu prvog pojavljivanja ili izumiranja pojedinih vrsta voluharica. Unutar njih su izdvojene manje jedinice - biozone.

Vilanijen (*Borsodia-Villanyia* superzona) je definisan od strane Kretzoi (1941) kao vremenski period kada su istovremeno postojali rodovi *Borsodia* i *Villanyia*. Donju granicu definiše prvo pojavljivanje roda *Borsodia* u fosilnom zapisu. Pojava roda *Microtus* (*Allophaiomys*) obeležava kraj vilanijena i početak biharijena. Biharijen (*Microtus-Mimomys* superzona) je definisan kao vremenski interval zajedničkog postojanja rodova *Microtus* i *Mimomys* (donja granica – prvo pojavljivanje roda *Microtus* /*Allophaiomys*/; gornja granica rod *Arvicola* nastaje od vrste *Mimomys savini*) (Kretzoi 1941). Toringijen (*Arvicola-Microtus* superzona) je definisan kao vremenski interval zajedničkog postojanja rodova *Arvicola* i *Microtus* (Fejfar & Heinrich 1981). Početkom toringijena vrsta *Mimomys savini* biva zamenjena svojim verovatnim potomkom, vrstom *Arvicola mosbachensis* (=cantiana). Toringijen nema gornju granicu, pošto traje i danas.

Međutim, u mnogim slučajevima, naročito kada se radi o malobrojnim

ostacima, vrste koje su karakteristične za pojedine biozone se ne nalaze u paleosocijaciji. Kako je onda moguće odrediti približnu starost naslaga? Moguće je kombinovati raspoložive podatke o starosti, prvom i poslednjem pojavljivanju pojedinih vrsta, njihovim migracijama i slično.

Na primer, na lokalitetu Mala Balanica nađeno je samo 59 ostataka sitnih sisara koji su mogli da budu određeni do nivoa roda ili vrste, i nijedan od njih nije pripadao karakterističnim fosilima (Mihailović & Bogićević, 2016; Bogićević et al., 2016). Ipak, otkrivena je vrsta *Apodemus epimelas*, tzv. kraški miš, koja je živela u južnoj i jugoistočnoj Evropi tokom donjeg pleistocena (Kowalski, 2001), dostižući svoj vrhunac pre oko 1-0.8 miliona godina, kada je naseljavala predele severne Rumunije (Terzea, 1992). Ova vrsta je već u srednjem pleistocenu bila veoma ograničena, a u gornjem pleistocenu naseljavala je samo obalske predele Balkanskog poluostrva sa mediteranskom klimom. Danas ponovo naseljava Balkansko poluostrvo, a njena najsevernija granica nalazi se stotinak kilometara južnije od lokaliteta (Amori et al., 2008). Sve ovo nagoveštava da su slojevi iz Male Balanice, kako stariji tako i mlađi, nastali pre gornjeg pleistocena. Detaljnijom analizom drugih vrsta nađenih na ovom lokalitetu, utvrđeno je da su mlađi slojevi nastali u gornjim delovima srednjeg pleistocena (pre oko 200,000-300,000 godina), a stariji u donjim delovima srednjeg pleistocena (600,000-700,000 godina) (Bogićević et al., 2016). Radiometrijsko datiranje lokaliteta potvrdilo je ove zaključke (Rink et al., 2013).

Poslednjih dvadesetak godina vršeni su pokušaji da se praćenjem dentalne evolucije kod arvikolida (voluharica) izvrši apsolutno datovanje lokali-

teta. Morfometrijski odnosi na prvom donjem molaru, kao što su promene u debljini gleđi (SDQ indeks, *sensu* Heinrich 1978) na zubima *Arvicola* i *Mimomys savini* (ređe roda *Microtus*), relativna dužina anterokonidnog kompleksa i visina siniuida su korišćeni da se naprave hronološke šeme za nekoliko nemačkih i italijanskih populacija arvikolida. Uz postojanje dobro datiranih lokaliteta koji su uzeti kao orijentiri, mogu se konstruisati krive koje povezuju evoluciju datih morfoloških osobina i apsolutnu starost populacije (Maul et al. 1998a, 1998b; Lippi et al. 1998). Ovu metodu, koja je primenjivana uglavnom u zapadnoj Evropi, potrebno je proširiti na druge delove u kojima postoje dobro datirane faune arvikolida.

Fosilni vodozemci i gmizavci (herpetofauna), za razliku od fosilnih ostataka sisara (mikro- i makrosisara), nemaju veliki značaj za biostratigrafska raščlanjavanja kvartara. Razlog tome treba tražiti u činjenici da su se današnje herpetološke vrste već pojavile u fosilnom zapisu pre početka kvartara (Ratnikov, 2016). Ovom prilikom moramo naglasiti da se u paleontološkom smislu uvek posmatraju „morfološke vrste“, koje se mogu razlikovati na osnovu osteološkog materijala. U savremenoj herpetologiji za razlikovanje vrsta uzimaju se u obzir i genetičke, molekularne analize, reproduktivna izolacija, što je u fosilnom materijalu nemoguće utvrditi (Ratnikov, 2016).

Najveći biostratigrafski značaj u raščlanjavanju kontinentalnih kvartarnih naslaga, pored ostataka sisara, imaju prvenstveno kopneni mekušci. Uglavnom su predstavljeni savremenim vrstama, pri čemu se, naročito puževi, odlikuju uskom ekološkom valencom koja odgovara određenim geografskim i paleogeografskim uslovima.

Na osnovu biostratigrafskog značaja mekušaca definisana je nekadašnja donja granica kvartara (kasnije pomereni naniže), i to na osnovu prve pojave mekušaca (školjaka) hladnih voda, vrste *Arctica islandica*, čija se egzistencija vezuje za donji deo slojeva tzv. kalabrijskog kata na jugu Italije. Pošto se radi o morskim organizmima, smatralo se da je faunistički kompleks sisara i slatkovodnih mekušaca mlađeg nivoa vilafranka sinhroničan, tj. da predstavlja kontinentalni ekvivalent kalabrijsku.

Primer biostratigrafskog značaja mekušaca, lokalnog karaktera, odnosi se na aluvijalne kvartarne naslage okoline Beograda za koje je karakteristično prisustvo školjaka roda *Corbicula* i puževa roda *Viviparus*. Na osnovu prisustva vrste *Viviparus boeckhi* u nižim i *Corbicula fluminalis* u višim horizontima ovih naslaga, određena im je donjo- do srednjopleistocenska starost. Zbog navedenih karakteristika, pleistocenska *Corbicula* se u biostratigrafsko-paleontološkim proučavanjima koristi kao karakteristični fosil, za odredbu starosti i korelaciju pleistocenskih sedimenata, ne samo lokalnog, već i regionalnog karaktera.

Primer biostratigrafskog raščlanjavanja pleistocena na osnovu faune mekušaca na prostoru Mađarske urađen je od strane Kroloppa (1983), koji je izdvojio pet biozona (sl. 1). Ove biozone predstavljaju vremenski interval označen pojavom neke karakteristične vrste, a ime im je definisano po karakterističnom fosilu. Unutar njih izdvojeno je osam podzona, uključujući podzone sa pojavama fosila koji se preklapaju.



Slika 1. Korelacija geo-biohronološke podele pleistocena na području Mađarske (prema Krolopp, 1983).

Zaključak

Proučavanje ostataka sitnih kičmenjaka i mekušaca veoma je važno za arheološka istraživanja. Pomoću njega je moguće odrediti približnu starost naslaga bez pribegavanja skupim, radiometrijskim i drugim, metodama određivanja starosti. Zato je potrebno posvetiti više pažnje njihovom prikupljanju prilikom iskopavanja. Ljušture kvartarnih mekušaca potrebno je sakupljati isključivo po slojevima sa tačno određenim geološko-geomorfološkim položajem. Kost i zubi sitnih kičmenjaka dobijaju se prosejavanjem uzoraka sedimenata koji se uzimaju iz svakog sloja.

Može se reći da biostratigrafska raščlanjavanja naslaga na našim prostorima još uvek imaju veliku primenu i da mogu odlično da posluže kao kontrolna metoda prilikom određivanja njihove starosti nekom od metoda radioaktivnog datiranja, magnetostratigrafije ili neradiometrijskog načina datiranja, kao što su dendrohronologija, varve, termoluminiscencija i slično.

Jedan od ciljeva paleontoloških proučavanja kvartarnih organizama u budućnosti svakako će biti i izrada lokalne biohronološke šeme koja bi uzimala u obzir specifičnosti geografskih i klimatskih uslova i razvoj flore i faune Srbije i centralnog dela Balkanskog poluostrva.

Bibliografija

- Amori, G., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsain, G. & Muñoz, L. J. P. 2008.** *Apodemus mystacinus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2008. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T1898A8770676.en>. Downloaded on 28 June 2016.
- Bogićević, K., Nenadić, D. & Mihailović, D. 2016.** Small mammals from the Velika and Mala Balanica Caves (Niš, southern Serbia). *Geologica Macedonica, Proceedings of the 4th Congress of Geologists of Republic of Macedonia, Struga* 30. 9.-2. 10. 2016: 357-360.
- Fejfar, O. & Heinrich, W.-D. 1981.** Zur biostratigraphischen Untergliederung des kontinentalen Quartärs in Europa anhand von Arvicoliden (Rodentia, Mammalia). *Eclogae Geologicae Helveticae*, 75: 779-793.
- Fejfar, O. & Heinrich, W.-D. 1983.** Arvicoliden-Sukzession und Biostratigraphie des Oberpliozäns und Quartärs in Europa. *Schriftenreihe für Geologische Wissenschaften* 19/20: 61-109.
- Heinrich, W.-D. 1978.** Biometrische Untersuchungen an fossilen Kleinsäugetieren aus einer jungpleistozänen Deckschichtenfolge über dem interglazialen Travertin von Burgtonna in Thürungen. *Quartärpaläontologie* 3: 255-268.
- Kowalski, K. 2001.** Pleistocene rodents of Europe. *Folia quaternaria* 1972: 389.
- Kretzoi, M. 1941.** Weitere Beiträge zur Kenntnis der Fauna von Gombaszög. *Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici* 34: 105-138.
- Krolopp, E. 1983.** Bistratigraphic division of Hungarian pleistocene formations according to their molluscs fauna. *Acta Geologica Hungarica* 26: 69-82.
- Lippi, P., Masini, F., Maul, L. & Abbazzi, L. 1998.** Evolutionary changes of enamel differentiation in Pleistocene Mediterranean and Middle European populations of *Microtus* (Rodentia, Arvicolidae). *Paludicola* 2(1): 50-61.
- Maul, L., Masini, F., Abbazzi, L. & Turner, A. 1998a.** Geochronometric application of evolutionary trends in the dentition of fossil Arvicolidae. *Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO* 60: 565-572.
- Maul, L., Masini, F., Abbazzi, L. & Turner, A. 1998b.** The use of different morphometric data for absolute age calibration of some South- and Middle European arvicolid populations. *Palaeontographia Italica* 85: 111-151.
- Mihailović, D. & Bogićević, K. 2016.** Technological changes and Population Movements in the Late Lower and Early Middle Paleolithic of the Central Balkans. In: Harvati, K., Roksandić, M. (eds.) *Paleoanthropology of the Balkans and Anatolia, Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology* DOI 10.1007/978-94-024-0874-4_9, Springer Science +Business Media Dordrecht.
- Rabrenović, D., Knežević, S. & Rundić, Lj. 2003.** Istorijaska geologija. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd. 2. izdanje.
- Ratnikov, V. Yu. 2016.** Dynamics of East European modern amphibians and reptiles species distribution areas and their potential use in Quaternary stratigraphy. *Comptes Rendus Palevol.* 15(6): 721-730.
- Rink, W. J., Mercier, N., Mihailović, D., Morley, M.W., Thompson, J. W. & Roksandić, M. 2013.** New Radiometric Ages for the BH-1 Hominin from Balanica (Serbia): Implications for Understanding the Role of the Balkans in Middle Pleistocene Human Evolution. *PloS ONE* 8(2): e54608:doi:10.1371/journal.pone.00546082484.
- Terzea, E. 1992.** *Apodemus mystacinus* (Danford & Alston) (Rodentia, Mam-

malia) dans le Pleistocene inferieur
final de Betfia -VII (Bihor, Roumanie).
Travaux de l' Institut de Speologie
"Emile Racovitza" 31: 83-94.

RANOVIZANTIJSKI LOKALITET CARIČIN GRAD: POREKLO VULKANITA I VULKANOKLASTITA KORIŠĆENIH KAO ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKI MATERIJAL

Vladica Cvetković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Kristina Šarić

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Desimir Tanović

Republički zavod za zaštitu spomenika kulture Beograd

Aleksandar Stamenković

Republički zavod za zaštitu spomenika kulture Beograd

Vesna Matović

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Ključne reči: *Iustiniana Prima, Radan planina, Lecki vulkanski kompleks, kvarclatit, piroklastit, geoarheologija*

Lokalitet Caričin Grad jedan je od najznačajnijih ranovizantijskih spomenika kulture u Srbiji. Prostire se na padinama planine Radan koje se spuštaju ka Leskovačkoj kotlini. Danas se nalazi na oko 28 km jugozapadno od Leskovca i 7,5 km severozapadno od Lebana. U ranovizantijskom periodu ova teritorija je pripadala severnom delu prefekture pretorije Ilirik, odnosno provinciji Sredozemnoj Dakiji (Kondić, Popović 1977: 9-13). Grad predstavlja jedinstveni primer kasne urbanizacije u oblasti severnog Ilirika (Ivanišević 2010: 747-748). Prostire se na površini od oko 10 hektara. Zbog svog položaja, plana gradnje, arhitekture i pokretnih arheoloških dokaza materijalne kulture, lokalitet je identifikovan sa Justinijanom Primom,

gradom koji je podigao car Justinijan I (527-565) u blizini mesta svog rođenja (Petković 1913). Prema Justinijanovoj *Noveli XI* (Vizantiski izvori I 1955: 54-59), Justinijana Prima je trebalo da postane sedište pretorijskog prefekta Ilirika i arhiepiskopsko sedište sa jurisdikcijom nad dijacezama Dakijom i Makedonijom II. Život u gradu trajao je relativno kratko, oko 80 godina, do vremena vladavine cara Iraklija (610-640). Grad je stradao početkom 7. veka, u vreme upada Slovena, i prestanka vizantijske kontrole, praktično na prostoru čitavog Ilirika (Kondić, Popović 1977: 367-371; Bavant i Ivanišević 2003: 39-50). Kombinacija relativno kratkog vremenskog trajanja i veličine samog grada, ukazuje na intenzivnu gradnju koja je sigurno

podrazumevala i veliku potražnju za arhitektonsko-građevinskim materijalom.

Kamen, kao materijal koji je korišćen za izgradnju i dekoraciju objekata Caričinog Grada, nije do sada sistematski proučavan. U starijoj literaturi se često sreće determinacija stenskog materijala pod opštim imenom 'kamen', ali se u novijim radovima, na primer, u Bavant i Ivanišević (2006) i Ivanišević (2008) naglašava da je kapitel sa monogramom Justinijana I izrađen od lokalnog kamena andezita, a opisuju se i brojni dekorativni arhitektonski elementi izrađeni od mermera ili krečnjaka. Autori, međutim, ne pružaju podatke o primenjenoj metodi analize i odredbe vrste kamena niti ko je izvršio karakterizaciju stenskog materijala. Niewöhner and Prochaska (2019) dali su detaljnu petrološku i geohemijsku analizu ovog mermera.

Našim uvidom u stenski materijal na samom lokalitetu, uzimajući u obzir i deo materijala koji se nalazi u Narodnom muzeju u Leskovcu, može se reći da su kao arhitektonsko-građevinski materijal najviše korišćene različite metamorfne stene, vulkaniti i njihovi vulkanoklastiti i mermeri (materijal iz Muzeja). Pored ovih stena, na samom lokalitetu se nalaze i ostaci jednog stuba koji je izgrađen od breče, ali se bez detaljne mineraloško-petrografske analize ne može bliže odrediti o kakvoj breči je reč. Elementi od peščara i krečnjaka koje pominje Ivanišević (2008) ne nalaze se više na lokalitetu.

U ovom radu prikazan je deo istraživanja koji se odnosi na utvrđivanje porekla stenskog materijala koji je korišćen kao arhitektonsko-građevinski materijal na Caričinom Gradu. Istraživanje se odnosi samo na vulkanite i njihove vulkanoklastite za koje već postoje nepublikovane pretpostavke arheologa o tome da ovaj materijal potiče s Radana. Pored toga, prema usmenim sa-

opštenjima, kolege arheolozi su izrazili mišljenje da na istočnoj strani planine Radan postoje ostaci kamenoloma u kojima se mogu naći isklesani ali neobrađeni stubovi i ploče, koji nikada nisu bili transportovani do samog lokaliteta.

U nameri da se bliže utvrdi veza između arhitektonsko-građevinskog materijala Caričinog Grada i stena Leckog vulkanskog kompleksa, kao i da se ispita mogućnost da se na istočnim padinama planine Radan zaista nalaze ostaci kamenoloma koji su korišćeni tokom izgradnje objekata na ovom lokalitetu, u toku 2018. godine izvršeno je uzorkovanje kamena od kojeg su izrađeni stubovi i kojim su popločane staze i delovi zidova Caričinog Grada, dok je tokom 2019. godine uzorkovan i geološki materijal s nekoliko profila na Petrovoj Gori na istočnim padinama Radana. Obavljena su prva sistematska mineraloško-petrološka i vulkanološka ispitivanja koja su uključila makroskopska osmatranja i primenu polarizacione mikroskopije za propuštenu svetlost. Detaljni opis primenjenih metoda može se naći, na primer, u Cvetković (1998), Šarić *et al.* (2018), Cvetković *i dr.* (2019).

Za ova ispitivanja uzeto je ukupno 14 primeraka, od toga osam uzoraka kamena korišćenog za izradu arhitektonskih elemenata na lokalitetu sa oznakom CG (pet sa akropolja i tri iz episkopske bazilike – sadašnji položaj elemenata na terenu, Cvetković *i dr.* 2018 - nepublikovano) i šest geoloških uzoraka uzetih sa profila Petrova Gora - selo Slišane, radi korelacije, koji nose oznake RDN (slika 1).

Ispitivanja su pokazala da među stenama koje su korišćene kao arhitektonsko-građevinski materijal prevladavaju koherentni vulkaniti (slika 2a) i vulkanoklastiti kvarclatitskog sastava. Uglavnom je reč o relativno poroznim

vulkanskim stenama svetlosive boje u kojima se i makroskopski mogu opaziti porfirna struktura i fenokristali biotita i feldspata, a samo retko i fenokristali kvarca. Mikroskopskim osmatranjima utvrđeno je prisustvo fenokristala plagioklasa, biotita (flogopita), kvarca, am-

Primerci CG-2, CG-4, CG-5 i CG-6 predstavljaju kvarclatitske vulkanoklastite koji su izgrađeni od odlomaka koherentnih vulkanita, čije dimenzije variraju od oko 1 cm do oko 5 cm u prečniku; fragmenti su vezani sitnozrnim matriksom koji je sastavljen



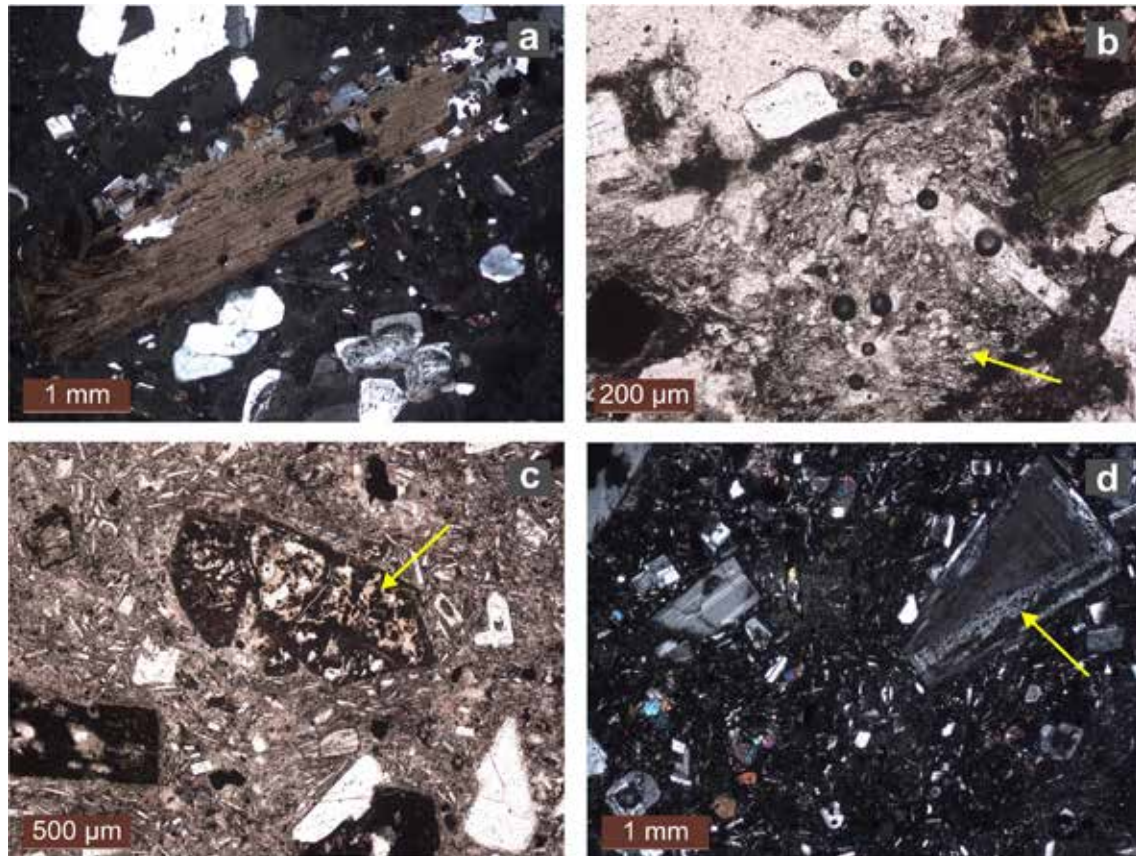
Slika 1. Dve grupe ispitivanih uzoraka: uzorci kamena iz stubova: a) koherentni vulkanit (CG-1), b) vulkanoklastit sa fragmentima koherentnih vulkanita (CG-2), geološki primerci: c) koherentni vulkanit (RDN-1), d) vulkanoklastit (RDN-2).

fibola i veoma retko sanidina i sporednih faza, poput metalčnih minerala, apatita i cirkona, kao i da je matriks ovih vulkanita hipokristalastog karaktera, to jest da sadrži izvesnu količinu vulkanskog stakla. Pravilna orijentacija fenokristala definiše fluidalnu teksturu koja nastaje usled tečenja lave, što je, uz euhedralnost fenokristala, najvažniji dokaz da su ovi vulkaniti nastali tečenjem lave, a ne eksplozivnim dejstvom.

od istog materijala, kao i sićušnih odlomaka plovućca (slika 2b). Neki od ovih fragmenata pokazuju odlike plovućaca, što znači da je njihova osnova izgrađena od izrazito vezikularnog vulkanskog stakla koje podseća na građu pčelinjeg saća. Važno je napomenuti da i primerci koherentnih kvarclatita i oni koji vode poreklo od kvarclatitskih vulkanoklastita pokazuju veoma jasne petrografske pokazatelje neravnotežne kristalizacije,

kao što su: relikti mafičnih anklava sa alterisanim kristalima olivina, tzv. sitasta struktura u vidu kapljičastih uklopaka vulkanskog stakla u fenokristalima plagioklasa, kao i reakcioni rubovi oko

predstavljaju ostatke lavičnih ekstruzija ili doma. Stenska masa je pločasto do stubasto lučena i odlikuje se visokom poroznošću. U mikroskopu se zapažaju elementi fluidalne teksture (slika 3a). U



Slika 2. Mikroskopske odlike ispitivanih stena: a) koherentni vulkanit (CG-1), b) vezikularni plouvaćac (CG-4), c) alterisani olivin (CG-6/1), d) sitasti plagioklas (CG-6/1); a, d – ukršteni nikoli (xpl), b, c - paralelni nikoli (ppl) (Cvetković *i dr.* 2018 - nepublikovano).

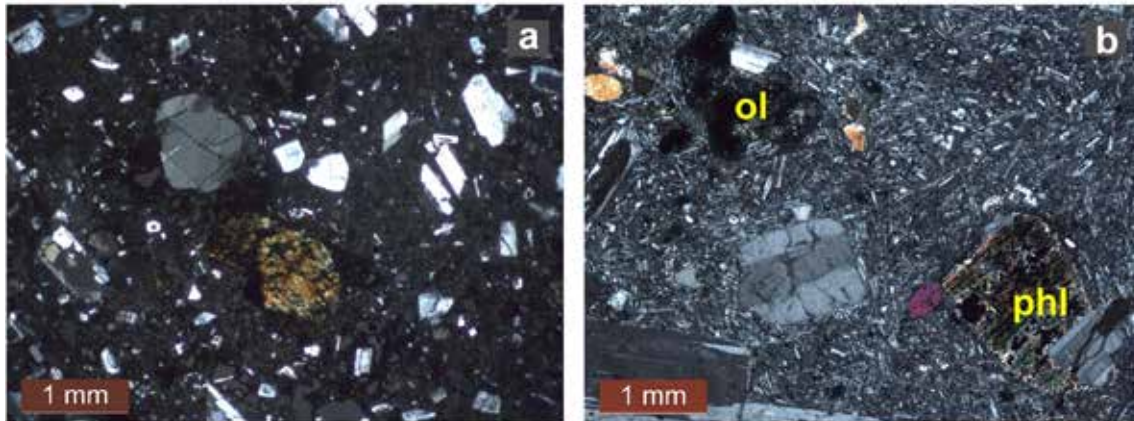
liskuna (ksenokristali flogopita), (slika 2b-d).

Primerci vulkanita sa istočnih padina planine Radan pokazuju identične petrografske karakteristike prethodno opisanim uzorcima sa objekata u Caričinom Gradu (slika 3). U hipsometrijski višim područjima iznad Petrove Gore konstatovano je prisustvo samo nekoliko sigurnih izdanaka (ostenjaka) koherentnih facija kvarclatita, kao i velika količina ovih stena koje se javljaju kao blokovi u šumi; ove facije najverovatnije

nižim delovima prema podnožju nema većih izdanaka jer je teren pokriven, ali se na nekoliko mesta mogu zapaziti kvarclatitski vulkanoklastiti (piroklastiti?) koji se nalaze u dnu korita povremenih bujičnih tokova. I koherentni i vulkanoklastični kvarclatiti sadrže gotovo identične strukturne pokazatelje neravnotežnih uslova za vreme kristalizacije (alterisani fenokristali olivina i reakcioni rubovi oko flogopita – slika 3b), čije je prisustvo utvrđeno i u primercima arhitektonskog i građevinskog materijala iz Caričinog Grada.

Na osnovu prikazanih rezultata petrološko-mineraloških ispitivanja može se zaključiti da sve stene vulkanskog porekla koje su korišćene kao

gradnje, čestom korišćenju ovih stena pogodovala je njihova visoka poroznost (izolaciona svojstva), kao i laka obradivost, s obzirom na činjenicu da su stene



Slika 3. Mikroskopske odlike geoloških uzoraka a) koherentni vulkanit fluidalne teksture (RDN-5), b) relikti alterisanog kristala olivina (ol) i flogopita (phl) (RDN-2); xpl

arhitektonsko-građevinski kamen na lokalitetu Caričin Grad vode poreklo iz neposredne blizine, odnosno s krajnjeg istočnog dela Leckog vulkanskog kompleksa. Stene koje se nalaze u drugim delovima ovog velikog kompleksa (područje oko Prolom banje, Kostić, 2016; Kostić *et al.*, 2017) najverovatnije nisu korišćene u gradnji. Osim toga što je primarno nalazište bilo veoma blizu mestu

već prirodno lučene u obliku ploča ili stubova (slika 4). Na osnovu ovoga se može zaključiti da blokovi kvarclatita koji se nalaze na istočnim padinama Radana ne predstavljaju veštačke forme, to jest grubo istesane stubove koji nisu nikada ugrađeni, već je najverovatnije reč o ostacima prirodno lučenih blokova vulkanita iz kojih su krajnje jednostavnom obradom dobijani elementi za grad-



Slika 4a, b. Pojave pločasto izdijeljenih vulkanita u blizini crkve Svetog Petra i Pavla nastale prirodnim procesima kontrakcije magme usled hlađenja, poznatim kao lučenje magme (na primer, Đorđević *i dr.*, 1991)

nju objekata. Ovi prirodni blokovi danas čine ostenjake na kojima je izgrađena Crkva Svetog Petra i Pavla na Petrovoj Gori, pri čemu se veliki broj identičnih ali delimično dezintegriranih stena nalazi u podnožju ovih ostenjaka. S jedne strane, možemo odbaciti pretpostavku da prisustvo ovih velikih blokova kvarcclatita ukazuje na mesto primarnih kamenoloma, ali s druge strane možemo reći da je čitav prostor istočnih padina Radana bio jedan veliki kamenolom iz kojeg je građevinski kamen konstantno dopreman u Caričin Grad.

Zahvalnost: Ispitivanja su izvršena u laboratorijama Departmana za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta i sprovode se u okviru projekta OI176016 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Autori zahvaljuju Republičkom zavodu za zaštitu spomenika kulture - Beograd na finansijskoj pomoći i kolegi Vujadinu Ivaniševiću (Arheološki institut Beograd) na konstruktivnim razgovorima o kamenu.

Bibliografija

Bavant, B., Ivanišević, V., 2003. *Iustiniana Prima - Caričin Grad*. Beograd: 39-50.

Bavant, B., Ivanišević, V., 2006. *Iustiniana Prima - Caričin Grad*. Narodni muzej Leskovac.

Cvetković, V., 1998. Predlog sistematike i nomenklature vulkanskih procesa i vulkanogenih produkata. 13. Kongres geologa Jugoslavije, 6-9. 10. 1998, Herceg Novi: 93-104.

Cvetković, V., Šarić, K., Matović, V., 2018. Mineraloško-petrografska analiza uzoraka kamene plastike sa lokaliteta Caričin Grad. Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet na zahtev br. 2463/18 od 24. 09. 2018. godine firme KOTO d.o.o. Izveštaj, nepublikovano.

Cvetković, V., Šarić, K., Mladenović, A., 2019. *Magmatizam i metamorfizam: geohemijsko-geodinamička perspektiva*. Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet i Univerzitet „Goce Delčev” Štip, Fakultet za prirodni i tehnički nauki.

Dorđević, V., Dorđević, P., Milovanović, D., 1991. Osnovi petrologije. Nauka, Beograd.

Ivanišević, V., 2008. Arhitektonska dekorativna plastika u Caričinom gradu. U: K. Koman, S. Prić (eds.), *Francusko-srpska saradnja u oblasti arheologije*. Francuski kulturni centar u Beogradu, Arheološki institut, Beograd, Narodni muzej u Beogradu: 77-89.

Ivanišević, V., 2010. Caričin Grad - the fortification and the intramural housing in the Lower Town. In: F. Daim, J. Drauschke (eds.), *Byzanz - Das Römerreich in Mittelalter*, Mainz: 747-775.

Kondić, V., Popović, V., 1977. Caričin Grad - utvrđeno naselje u vizantijskom Iliriku, 33. Galerija Srpske akademije nauka i umetnosti, Beograd.

Kostić, B., 2016. *Vulkanološka analiza dela Leckog vulkanskog kompleksa (Brankova kula - Prolom Banja)*. Master rad, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet.

Kostić, B., Šarić, K., Cvetković, V., Krstekanic, N., Pantelić, N., Bosić, D., 2017. A reinterpretation of the geological map of northwestern part of the Lece volcanic complex. In: K. Šarić, D. Prelević, M. Sudar, V. Cvetković (eds.), *Émile Argand Conference - 13th Workshop on Alpine Geological Studies - September 7th-18th 2017 in Serbia, Zlatibor Mts.*: 55.

Niewohner, P., Prochaska, W., 2019. Die Mramorne Ausstattung. Herkunft und Funktion: In: B. Bavant, V. Ivanišević (éds.), *Caričin Grad IV, Catalogue des objets des fouilles anciennes et autres études*, Collection de l'École française de Rome 75/4, École française de Rome, Institut archéologique de Belgrade, Rome – Belgrade: 333-339.

Petković, V., 2013. Izveštaj o iskopavanju u Caričinome Gradu kod Lebana u 1912. godini. *Godišnjak Srpske kraljevske akademije XXVII 1913*,: 285-291.

Šarić, K., Bikić, V., Erić, S., 2018. Microstructural, Mineralogical and Petrographical Characteristics of the Medieval Ceramics from the Studenica Monastery (UNESCO World Heritage Site): Implications on the Pottery Technology and Provenance of The Raw Material. *Microscopy and Microanalysis*, 24, 6: 744-761.

Vizantiski izvori I, 1995. *Vizantiski izvori za istoriju naroda Jugoslavije I*, ur. G. Ostrogorski, Beograd

MINERALOŠKO-PETROLOŠKA KARAKTERIZACIJA KAMENIH TESERA IZ MOZAIKA KONSTANTINOVE VILE U MEDIJANI

Kristina Šarić

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Vesna Crnoglavac

Narodni muzej Niš

Vladica Cvetković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Ključne reči: *Konstantin Veliki, Medijana, Nais, IV vek, tesere, krečnjak, mermer, pešćar, kvarcit*

Vila rimskog imperatora Konstantina Velikog u Medijani (Niš) izgrađena je početkom IV veka, u predgrađu antičkog grada Naisa. Reč je o građevinskom kompleksu sa većim brojem objekata koji su imali različitu funkciju: vila sa peristilom, vila sa konhama, vila sa oktagonom, skladište-horeum, vojničke barake i drugo. Najznačajniji objekat predstavlja vila sa peristilom, prostrana građevina koja je u svom sastavu imala veliki broj prostorija namenjenih za obavljanje državnih poslova, smeštaj i rad činovnika, ali i za zabavu i organizovanje raskošnih gozbi (Васић и др., 2016: 11-13). Prostorije su bile ukrašene u skladu sa namenom, tako da su sale za prijeme i gozbe (stibadijumi), kao i prostrani tremovi bili ukrašeni mozaicima izuzetnog kvaliteta i bogatog kolorita. Pored mozaika, vilu su krasile i zidne slike, mermerne i porfirne skulpture i bogata arhitektonska plastika.

Podni mozaici su pokrivali površinu od oko 1.000 m², a za njihovu izradu korišćeni su kamen, keramika i staklo (Васић и др., 2016, 21). S obzirom na to da do sada nije urađena detaljna anali-

za ovog materijala koji je po svom poreklu različit (prirodan – kamen i sintetički – keramika i staklo), započeta su geoarheološka i arheometrijska istraživanja koja imaju za cilj detaljnu karakterizaciju sirovine od koje su izrađene tesere, kako bi se utvrdilo poreklo stenskog materijala, tehnologija izrade stakla i keramike i drugo.

U ovom radu prikazani su prvi rezultati makroskopskog ispitivanja mineraloško-petroloških karakteristika četrnaest uzoraka kamenih tesera, i to deset iz vile sa peristilom (stibadijum B i severni deo peristila) i četiri iz vile sa konhama (slika 1). Ovom kolekcijom uzoraka pokrivena su sve makroskopski prepoznatljive heterogenosti u stenskom materijalu, što kolekciju čini reprezentativnom. Metoda proučavanja je obuhvatila definisanje boje, strukture i teksture stene, određivanje sastojaka stene, kao i proveru fizičko-hemijskih odlika, koja je uključila utvrđivanje relativne tvrdoće i proveru reakcije s hladnom i razblaženom hlorovodoničnom kiselinom čime se potvrđuje prisustvo/odsustvo kalcita u steni.

Na osnovu makroskopskih ispitivanja, a prema standardnim mineraloško-petrološkim kriterijumima (na primer, Đorđević i dr., 1991; Erić i Babić, 2014; Cvetković i dr., 2019 i drugi), izdvojene su sledeće vrste stena: krečnjak, mermer, pešćar i kvarcit.

Krečnjaci. Svi uzorci krečnjaka (03, 04, 05, 08, 09, 10, 11 i 12) pokazuju burnu reakciju uz penušanje sa razblaženom i hladnom hlorovodoničnom kiselinom, što ukazuje da kalcit, mineral iz grupe karbonata, predstavlja glavnu mineralnu fazu. Osim toga, nijedan od ovih uzoraka ne para staklo, čime se isključuje prisustvo veće količine kvarca ili amorfne silicije. Uzorci se među sobom razlikuju po boji, stepenu kristaliniteta i prisustvu fosila. Uzorak 03 je svetlosive boje sa zelenkastom nijansom, kristalaste strukture i masivne teksture. Stenska masa je afanitična (bez makroskopski odredljivih sastojaka). Uzorak 04 je sive boje, afanitičnog izgleda, verovatno kristalaste strukture. Ostale odlike sastava i sklopa ne mogu se približnije determinisati makroskopski. Uzorak 05 je oker boje, kristalaste strukture i masivne teksture. Stenska masa deluje homogeno. Površina uzorka 08 je najvećim delom prekrivena dobro vezanim malterom tako da nije moguće dati više detalja o makroskopskim odlikama stene. Stena je oker boje, kristalaste strukture i masivne teksture. Uzorak 09 je oker boje, kristalaste i moguće oolitske (?) strukture i masivne teksture. Uzorak 10 je sive boje i afanitičnog sklopa. Prema burnoj reakciji sa razblaženom i hladnom hlorovodoničnom kiselinom može se zaključiti da je izgrađena od kalcita, što bi, dalje, ukazivalo da je struktura stene kristalasta. Uzorak 11 je predstavljen stenom crvene boje, kristalaste strukture i masivne teksture. Stenska masa je porozna - zapažaju se ovalne šupljine ili tanke prsline. Uzor-

ak 12 je sive boje i afanitičnog sklopa, najverovatnije mikro- do kriptokristalaste strukture. Na slici 2a-d je prikazan makroskopski izgled uzoraka 03, 04, 09 i 11.

Mermeri. Sva tri uzorka mermera (uzorci 01, 07 i 14) pokazuju burnu reakciju stenske mase sa hladnom i razblaženom hlorovodoničnom kiselinom, što ukazuje da je dominantni karbonatni mineral u njima kalcit. Uzorak 01 je prevučen skramama oksida i hidroksida gvožđa koje prekrivaju primarne odlike stenske mase. Ispod skrama se nazire sveža stena bele boje, granoblastične strukture i masivne teksture. Površina stene pokazuje visoku staklastu sjajnost. Uzorak 07 (slika 3a) je bele boje, tipične granoblastične strukture i masivne teksture. Skrame koje se javljaju po steni najverovatnije vode poreklo od veziva kojim su tesere lepljene u mozaiku. Uzorak 14 (slika 3b) je svetloružičaste boje, granoblastične strukture i visokog stepena kristaliniteta, zbog čega površina stene ima visoki staklasti odsjaj.

Pešćari. Dva uzorka pešćara (uzorci 06 i 15) su veoma slični po svojim makroskopskim mineraloško-petrološkim odlikama. Obe stene su crvene boje, klastične strukture (površina stene je na dodir hrapava, što ukazuje na prisustvo klasti psamitske granulacije) i masivne teksture. Od sastojaka je makroskopski moguće prepoznati jedino sitnozrni muskovit – sericit. Reakcija sa razblaženom i hladnom hlorovodoničnom kiselinom izostaje. Na slici 4a prikazan je makroskopski izgled uzorka 06.

Kvarcit. Jedan uzorak kvarcita (uzorak 02, slika 4b) deluje homogeno i po boji i po sklopu, ali je zbog njene afanitičnosti steni nemoguće makroskopski definisati strukturu i mineralni sastav. Posredno, zbog izostanka burnije reakci-

je sa hladnom i razblaženom hlorovodoničnom kiselinom i činjenicom da stena para staklo, može se zaključiti da kvarc ili neki drugi mineral iz silicijske grupe izgrađuje ispitivani uzorak, kao i da kalcit najverovatnije izostaje iz ove stene.

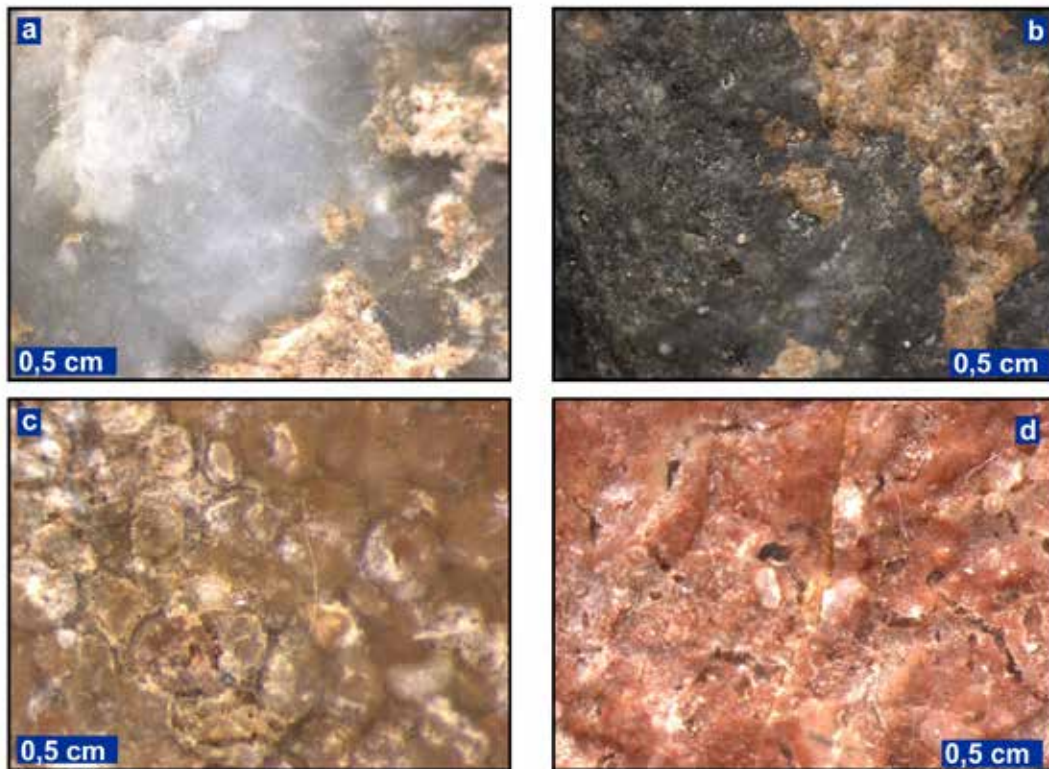
Na osnovu iznetih rezultata, koji daju tek generalni uvid u prirodu stenskog materijala od kojeg su izrađene tesere, može se pretpostaviti da korišćeni kamen najverovatnije potiče sa lokalnih pozajmišta i/ili kamenoloma. Ipak, jasno je da se istraživanja moraju nastaviti primenom još nekoliko metoda, kao što su optička mikroskopija za propuštenu svetlost, SEM-EDS analiza, paleontološka ispitivanja i drugo, kako bi se izvršila detaljnija karakterizacija materijala i našle jače veze sa lokalnom geologijom, što bi doprinelo da se ovde iznete prve

pretpostavke potvrde, opovrgnu ili da se dođe do potpuno novih gledišta.

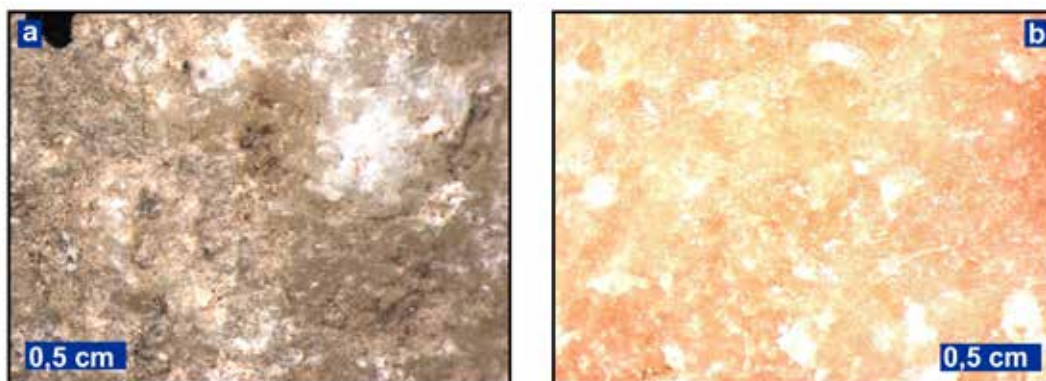
Zahvalnost: Autori zahvaljuju Narodnom muzeju u Nišu na ustupanju materijala za istraživanja. Ispitivanja su izvršena u laboratorijama Departmana za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta i sprovode se u okviru projekta OI176016 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.



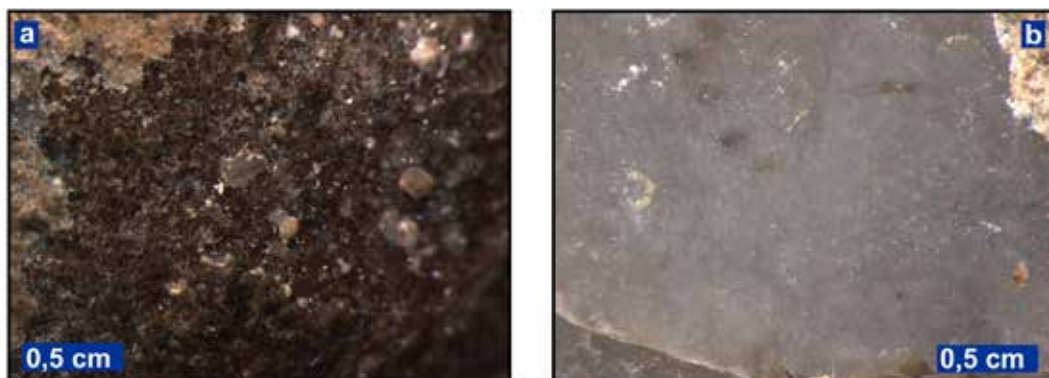
Slika 1. Mozaici iz kojih su uzorkovane ispitivane tesere: a – severni deo peristila; b – stibadijum B; c – vila sa konhama; (foto: Narodni muzej Niš).



Slika 2. Makroskopski izgled krečnjaka: a - uzorak 03; b - uzorak 4, c - uzorak 9, d - uzorak 11



Slika 3. Makroskopski izgled mermera: a - uzorak 07; b - uzorak 14



Slika 4. Makroskopski izgled: a - pešćara (uzorak 06) i b - kvarcita (uzorak 02)..

Bibliografija

Cvetković, V., Šarić, K., Mladenović, A., 2019. Magmatizam i metamorfizam: geohemijsko-geodinamička perspektiva. Univerzitet u Beogradu – Rudarsko geološki fakultet i Univerzitet „Goce Delčev“ Štip, Fakultet za prirodni i tehnički nauki, Beograd – Štip.

Đorđević, V., Đorđević, P., Milovanović, D., 1991. *Osnovi petrologije.* Nauka, Beograd.

Erić, S., Babič, D., 2014. Praktikum iz mineralogije. Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

Васић, М., Милошевић, Г., Гавриловић Витас, Н., Црноглавац, В., 2016. *Константинова вила у Медијани.* Ниш.

(GEO)ARHEOLOŠKA BUŠENJA – METODE I MOGUĆNOSTI

Kristina Penezić

Institut Biosens, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad

Ključne reči: *geoarheološka bušenja, metodologija, praistorijski lokaliteti, stratigrafija*

Uvod

Geoarheološka bušenja predstavljaju pristup terenskom istraživanju u arheologiji koji je sve zastupljeniji. Uz pomoć ove metode može se odgovoriti na pitanja kao što su: da li postoji arheološki sloj, koja je debljina arheološkog sloja, rasprostiranje lokaliteta i veličina lokaliteta, nivo hodne površine pre formiranja arheološkog lokaliteta (naselja), apsolutna visina hodne površine u trenutku formiranja naselja (lokaliteta), prisustvo gorelih objekata *in situ* unutar arheoloških slojeva i njihova relativna dubina, itd. Iako je metoda invazivna, ona omogućava dobijanje vrednih podataka u jako brzom vremenskom periodu, a pruža mogućnost i uzorkovanja sedimenta za dalja laboratorijska ispitivanja.

Oprema za bušenja varira od one fiksirane na kamione sa većim prečnikom bušenja, preko upotrebe čekića nabijača na pogon uz pomoć motora sa gorivom ili akumulatora, a ovde će fokus biti stavljen na upotrebu ručne bušilice – burgije. Bušotina ostavlja rupu širine do 7 centimetara u prečniku, a dubina same bušotine zavisi od istraživačkog pitanja, ali i od sedimenta koji se buši. Ukoliko su u pitanju šljunkoviti nanosi, krupnije kamenje ili predeli sa visokim nivoom podzemnih voda, bušenje je moguće samo do ovih slojeva. Ovi slojevi uglavnom predstavljaju i geološku podlogu na kojoj su formirani lokalite-

ti, tako da često nisu ni u fokusu arheoloških istraživanja. Prednost bušenja ručnom bušilicom u odnosu na ostale mogućnosti je laka prenosivost opreme jer se može spakovati u torbu koja se nosi na ramenu, te lako stizanje i do manje dostupnih lokacija.

Predložena metodologija bušenja

Tokom godina bušenja ručnom bušilicom, metodologija se razvijala, usavršavala i prilagođavala određenim istraživačkim pitanjima koja su specifična za svaki lokalitet ponaosob. Ovde predložena metodologija je nastala tokom iskustva i terenskog rada na preko petnaest lokaliteta iz praistorijskih perioda u Srbiji, od paleolita do bronzanog doba.

Bušenje ručnom bušilicom (eng. *auger*) predstavlja vađenje poremećenih slojeva sedimenta u dužini od po 20 centimetara. Ovako izbušeni slojevi se ređaju u stratigrafskom redosledu vađenja na podlogu. Idealno je položiti ih na belu pozadinu, radi lakše i bolje foto-dokumentacije i opisa. Kao vrlo dobro rešenje za podlogu pokazao se beli najlonski džak, zbog niske cene, velike dostupnosti ali i odgovarajućih dimenzija – dužina džaka je malo preko 1 metra, što omogućava lako i pregledno pozicioniranje izvađenih uzoraka zemlje u redovima od po metar.

Osnovna oprema predstavlja set sonde, šipke za produžetak, metalne

spojnice i držalje. U setu su na raspolaganju nekoliko tipova sondi, u zavisnosti od zemljišta koja se buše. Tokom samog procesa bušenja, moguće je menjati tipove sondi po potrebi. U kompletu ručne bušilice se obično nalaze osnovni tipovi Edelman sondi i to: tip za glinu, namenjen glini i glinovitim zemljištima; kombinovani tip, za univerzalnu upotrebu i glinovita zemljišta; tip za pesak, za peskovita zemljišta; i tip za krupni pesak, namenjen krupno-peskovitom zemljištu. U setu sondi se mogu naći i riversajd sonda, za teška i tvrda zemljišta; sonda za kamenito zemljište, kao i spiralna sonda za vrlo teška i tvrda zemljišta (posebno namenjena za predbušivanje ili probušivanje), kao i cevasta sonda, namenjena mekanim, lepljivim zemljištima kao što su glina, ilovača ili treset (Eijkelkamp 2017). Na početku rada se odabrana sonda spojnicom povezuje na držalje, gde se tokom bušenja, po potrebi, dodaju i šipke dužine jednog

metra, da bi se stiglo do dubljih slojeva.

Prilikom bušenja arheoloških lokaliteta po pravilu se koriste Edelman sonde. Ostali modeli sondi nisu naišli na odgovarajuću primenu pri arheološkim bušenjima. Dužina sonde koja uzorkuje zemljište je približno 20 cm, te se izvlačenjem sonde dobija oko 20 cm sedimenta u stratigrafskom položaju. Nakon izvlačenja uzorka, sonda se prazni, imajući na umu stratigrafski redosled izbušenog sedimenta, i uzorak se polaže na podlogu – beli džak. Ovakav način uzorkovanja 20 po 20 cm se vrši dok se ne dođe do željene dubine. Radi preciznijeg praćenja dubine do koje se buši, u praksi se pokazalo da je potrebno obeležavati šipke na svakih 20 cm, kako bi se sa sigurnošću vadili uzorci koji odgovaraju toj dubini sedimenta. Obeležavanje se najlakše vrši pomoću odmeravanja željenih dužina i lepljenja krep trake na obeleženim mestima, uz dodatne naznake trajnim markerom



Slika 1. Terensko bušenje i vertikalni položaj bušilice

preko krep trake. Iskustva sa terena su pokazala da bušenje i vađenje 20 cm sedimenta nisu uvek moguća – najčešće zbog kompaktnosti sedimenta, te je primenjivano i bušenje po 10 cm. Rezultati su se pokazali podjednako validni kao i pri bušenju 20 cm sloja.

Dodavanjem i oduzimanjem nastavaka se podešava optimalna visina bušilice pri radu. Nastavci koji se dodaju, dužine 1 metra, omogućavaju bušenje do oko 5 metara dubine. U zavisnosti

stom, te je na kraju terenske kampanje poželjno oprati bušilicu vodom.

Ukoliko je moguće, treba uzeti i koordinate položaja bušotine, opisati i zabeležiti poziciju bušotine (pogotovo u odnosu na druge bušotine u blizini), kao i sačiniti kratak opis prirodnih formacija ili pejzaža koji bi bio koristan za tumačenje bušotine. Opis boje sedimenata se može vršiti uz *Munsell soil color chart* (2000), a potrebno je i fotografisati izvađeni sediment. Za potrebe foto-doku-



Slika 2. Primer izvađenog sedimenta na kraju bušenja i načina fotodokumentacije

od snage potrebne za okretanje, bušilicu je moguće da koristi jedna ili više osoba. Sonda se uvek vrti u pravcu kazaljke na satu, a uvrtnje sonde se mora vršiti u vertikalnom položaju (slika 1). Na ovo je bitno obratiti pažnju od samog početka jer kada se dođe do većih dubina, ukoliko bušotina nije vertikalna, izvlačenje bušilice postaje (nepotrebno) izuzetno teško. Po završetku bušenja bitno je obratiti pažnju da se oprema održava či-

mentacije, početak i kraj svakog punog metra sedimenta treba obeležiti, kao i postaviti razmernik od jednog metra duž same bušotine (slika 2).

Mogućnosti i dometi – brzi podaci i izvor uzoraka za dalja geohemijska ispitivanja

Na lokalitetu Vinča – Belo Brdo je do sada sprovedeno najobim-

nije geoarheološko bušenje. Ono podrazumeva preko 60 bušotina, koje su načinjene tokom nekoliko terenskih kampanja. Ova količina bušotina je predstavljala dobar poligon za inicijalni razvoj metodologije bušenja kroz arheološke slojeve. Unapred definisana istraživačka pitanja na primeru lokaliteta Vinča – Belo Brdo su bila: detekcija arheoloških slojeva, njihova debljina, kao i određivanje nivoa i tipa hodne površine pre formiranja samog naselja. Zbog velikog broja načinjenih bušotina i podataka o relativnoj dubini na kojima se nalazi paleozemljište, u mogućnosti smo da rekonstruišemo mikrotopografiju terena pre formiranja praistorijskog

je pokriva u delovima gde ne postoje arheološki slojevi. Ova geoarheološka istraživanja su doprinela boljem poznavanju veličine poznoneolitskog naselja u Vinči (Penezić, *in press*). Sličan pristup je sproveden i prilikom bušenja na lokalitetima tipa „Obrovac” u zapadnoj Srbiji. Glavna istraživačka pitanja su bila određivanje debljine arheološkog sloja na najistaknutijem delu lokaliteta, detekcija rova oko lokaliteta, kao i prisustvo ili odsustvo paleozemljišta i arheoloških slojeva izvan pretpostavljenog dela lokaliteta. Bušenjima smo uspeli da odgovorimo na svako od ovih pitanja na svakom ispitivanom lokalitetu, kao i da dobijemo približne dubi-



Slika 3. Sloj gorelog lepa u sondi, koji indicira in situ strukturu.

lokaliteta i izgled pejzaža pre nego što je promenjen dugotrajnim životom ljudi na ovom mestu. Takođe, moguće je razdvojiti hodnu površinu koja prethodi formiranju naselja u neolitu, sa koluvijumom savremenijeg porekla, koji

ne pojedinih rovova koji su se nalazili oko lokaliteta (Tripković and Penezić, 2017). Gabariti rovova su bili i fokus istraživanja bronzanodopskog lokaliteta Idoš, gde su uspešno dobijeni presecci nekoliko rovova, indicirajući i njihov

prečnik i dubinu (Molloy et al. *in preparation*).

Bušenjima je moguće detektovati i slojeve koji nisu arheološki, kao što su geološke podloge, (paleo)zemljišta, aluvijalni ili koluvijalni nanosi itd. Bušenja su bila integrisana u istraživanja leve obale Dunava kod Beograda, u sklopu arheoloških rekognosciranja i istraživanja oblasti Pančevačkog rita. Tu je pokazano da se stara rečna korita i njihove osobine mogu mnogo bolje odrediti uz pomoć bušenja (Игњатовић i dr. 2018).

Značaj rezultata geoarheoloških bušenja se ogleda u tome što je potrebna jednostavna oprema, i što se za nekoliko sati terenskog rada mogu dobiti značajni podaci za planiranje obima terenskih istraživanja. Podaci koji se za kratko vreme mogu dobiti su: približni gabariti lokaliteta, debljina arheoloških slojeva, te bolja procena vremena iskopavanja. Moguće je odrediti *in situ* prisustvo gorelih struktura, kao i relativnu dubinu na kojima se ovakve strukture nalaze (Slika 3). Osim arheoloških struktura, u bušotinama je moguće naći i nešto sitnijeg pokretnog arheološkog materijala, kao što su fragmenti keramike, kamenih alatki i okresanog kamena. Geoarheološka bušenja se mogu koristiti i kao komplementara geofizičkim istraživanjima – tačnije, kao terenska provera geofizičkih anomalija i približno određivanje njihovih relativnih dubina.

Bitno je napomenuti da, osim obezbeđivanja podataka na terenu, geoarheološka bušenja omogućavaju i sakupljanje izvađenih sedimenata i njihovo slanje na dalje laboratorijske analize. Na ovaj način se omogućava kompletno istraživanje sedimenata i dobijanje celovitije slike o istraživanim lokalitetima. Osnovne analize koje se mogu sprovesti na ovako sakupljenim uzorcima su granulometrija, pH, analize organskih kar-

bonata itd., a ova saznanja nam pomažu da bolje razumemo sedimentološke, geološke, geomorfološke i pedološke procese koji su se dešavali ili se dešavaju na istraživanim lokalitetima.

Zahvalnica: *Veliko hvala mnogim „jakim momcima“ – kolegama, studentima arheologije i fizičkim radnicima, bez kojih terenski rad i bušenja ne bi bila moguća, niti ovoliko zabavna. Projekat „Kale-Krševica“ je velikodušno donirao ručnu bušilicu kada god je bila potrebna za terenska istraživanja, kao i projekat „Život u močvari“ i rukovodilac Boban Tripković, koji je od početka verovao u značaj primene bušenja.*

Bibliografija

- Игњатовић, М. Филиповић, Д., Пенезић, К., Булатовић, Ј., 2018.** Археологија између Дунава и Тамиша: мултидисциплинарна истраживања алувијалне равни Панчевачког Рита код Београда, *Архаика* 6: 49-81.
- Eijkelkamp, 2017.** Eijkelkamp Soil & Water, Ergonomic hand auger set Manual.
- Molloy, B. et al. in preparation.** A new regional Late Bronze Age polity in Europe? Initial observations on identity, chronology and power structures within a recently identified mega-fort network in the Carpathian Basin
- Munsell Color Company, 2000.** Munsell Soil Color Chart
- Penezić, K., in press.** Vinča-Belo Brdo Settlement Size, In: *Making spaces into places, The North Aegean, the Balkans and Western Anatolia in the Neolithic*, N. Tasić, D. Urem-Kotsou, M. Burić (eds.), British Archaeological Reports International Series. Oxford: BAR Publishing House.
- Tripković, B., Penezić, K., 2017.** On-site and off-site in western Serbia: A geoarchaeological perspective of Obrovac-type settlements, *Quaternary International* 429: 35-44.

PRIMER MINERALOŠKE KARAKTERIZACIJE SREDNJOVEKOVNE ŠLJAKE IZ OBLASTI Pb-Zn RUDNIKA „RUDNIK” KAO DELA ISTRAŽIVANJA U ARHEOTEHNOLOGIJI

Alena Zdravković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Suzana Eric

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Kristina Šarić

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Ključne reči: fajalit, leucit, Cu-Fe sulfid, Pb-sulfid, sekundarni minerali, legure metala

Ne postoji jednostavna i jednoznačna definicija pojma arheotehnologija. Iako prema doslovnom prevodu ovog pojma, on podrazumeva veštinu i način kako se nešto radi, taj termin biva tumačen i kompleksnije, uzimajući u obzir i socijalni aspekt (potrebe zajednice, organizacija u datom društvu i slično) primene nekog tehnološkog postupka od strane pojedinca ili neke zajednice; a kada se pojmu tehnologija još pridoda i prefiks 'arheo', objašnjenje pojma postaje daleko složenije. Iako Vitezović and Antonović (2014 i referencu u tom radu) detaljno obrađuju ovaj problem, mi ćemo se ograničiti na jednu pojednostavljenu definiciju koja je, pre svega, važna kao smernica za geoarheološka istraživanja koja se primenjuju u arheotehnološkim izučavanjima materijalnih ostataka neke kulture. Pod arheotehnologijom se, između ostalog, podrazumevaju proučavanja koja imaju za cilj da se definišu tehnološki postupci primenjeni od izbora i eksploatacije neke sirovine (kamena, metala, drveta,

kosti i drugo), preko njene pripreme do obrade i/ili prerade i dobijanja finalnog proizvoda.

Šljaka predstavlja nusproizvod u procesu dobijanja metala, zaostao nakon topljenja rude na visokim temperaturama. S obzirom da je ruda heterogenog sastava (pored korisnih metaličnih minerala sadrži i neželjene petrogene minerale), i sama šljaka će imati veoma složen sastav: sadržaće faze silikatno-oksidnog sastava i najčešće i zaostale korisne metale.

Istraživanja vezana za šljake intenzivirana su poslednjih decenija (Gee *et al.*, 1997; Vuković, 1992; Piatak *et al.*, 2004; Navarro *et al.*, 2008; Kierczak, *et al.*, 2013) i mogu se generalno razvrstati u tri grupe: a) istraživanja u cilju reciklaže (ponovno topljenje šljake i dobijanje korisnih komponenti ili njene upotrebe kao građevinskog materijala), b) istraživanja uticaja šljake na životnu sredinu i c) arheogeološka i arheotehnološka istraživanja starih šljaka (praistorijska, antička i srednjovekovna šljaka). U cilju

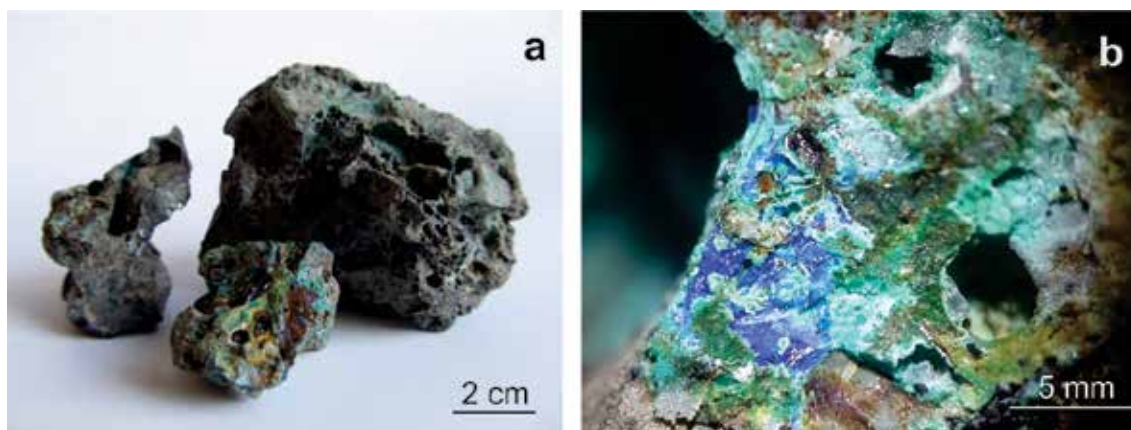
kompleksnih arheoloških istraživanja, mineraloška identifikacija asocijacija prisutnih faza u šljaci i interpretacija morfoloških odlika šljake omogućavaju: a) rekonstrukciju tehnološko-metalurških procesa topljenja rude u različitim periodima rudarske aktivnosti (Vuković, 1980), b) određivanje uslova topljenja rude i dostignutih temperatura, c) definisanje karakteristika samih peći, d) determinaciju vrste goriva koje je korišćeno za peći (Vuković, 1980; 1992) i drugo. Osim toga, kvantitativna hemijska analiza i sadržaj korisnih metala u šljaci doprinose bližem definisanju istorijskog perioda metalurške aktivnosti kao direktne posledice tehnološkog razvoja u datom periodu, kao i upoređivanje savremene i stare tehnologije iste oblasti ili različitih oblasti u smislu razvijenosti metalurških tehnologija (Vuković, 1992). Takođe, upoređivanjem sadržaja makro- i mikroelemenata u šljakama sa sadržajima istih komponenti u arheološkim predmetima kao krajnjih produkata topljenja rude može se bliže utvrditi poreklo sirovine od koje je predmet napravljen.

U ovom radu ćemo prikazati mineralošku karakterizaciju srednjovekovnih šljaka, nastalih od kraja XIII do početka XVI veka (Vuković, 1980), koje se

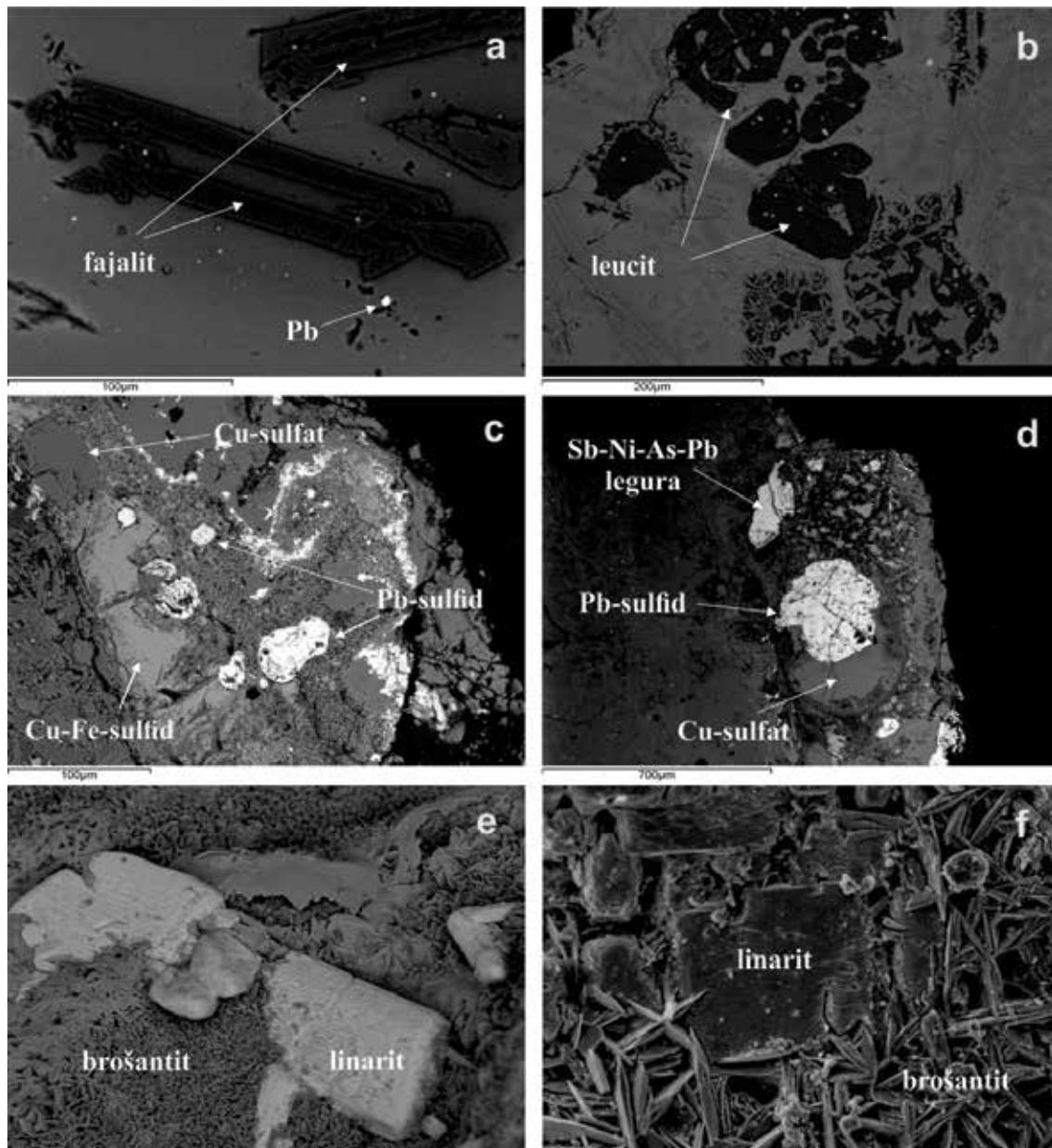
javljaju u dolini reke Jasenice na Rudniku, smatrajući da ova ispitivanja mogu poslužiti kao osnova za sveobuhvatna istraživanja srednjovekovne metalurgije na Rudniku, koja bi uključila i ispitivanja rude, kao i dobijenih metalnih predmeta, a sa ciljem da se što bolje determinišu primenjeni tehnološki postupci.

Rudarska aktivnost i metalurgija na području Srbije postojale su još u pristorijskom periodu. Najpoznatiji lokalitet iz tog perioda je Mali Šturac (Prlovi) na Rudniku. U ovoj oblasti rudarenje je nastavljeno u antičkom periodu, a zatim i u srednjem veku, i traje sve do danas. Rudnik je bio značajan srednjovekovni rudarski centar, u kome se odvijala intenzivna prerada rude radi dobijanja srebra, olova i bakra. Osim malobrojnih ostataka metalurških peći, znatne količine otpadnog materijala u vidu šljačišta svedoče o rudarskoj aktivnosti tog doba (Vuković, 1992). Stara šljačišta koja se nalaze na Rudniku su brojna ali relativno mala, uglavnom rasuta u dolinama reka (Majdanska, Jasenica, Jarmenovačka reka), na njihovim terasama kao i u jarugama.

Primenjene mineraloške instrumentalne metode (rudna mikroskopija i SEM-EDS analiza) ispitivanja prisutnih faza i asocijacija u srednjovekovnim



Slika 1. Makroskopske odlike ispitivanih šljaka: a) uzorci šljake iz doline reke Jasenice sa Rudnika i b) različito obojene skrame na površini šljake, (binokular).



Slika 2. Mineraloške odlike ispitivanih šljaka, BSE snimci poliranih uzoraka: a) skeletni kristal fajalita i samorodno olovo, b) euhedralni i skeletni kristali leucita, c) Cu-sulfat, Cu-Fe-sulfid, Pb-sulfid, d) Pb-sulfid i Sb-Ni-As-Pb legura; nepolirani uzorci: e) BSE snimak kristala linarita sa agregatima brošantita, f) SE snimak kristala brošantita i linarita.

šljakama Rudnika doprinele su boljem razumevanju odnosa prisutnih faza u ovom materijalu.

Ispitivane šljake su nepravilnih formi sa karakterističnim oblicima tečenja i/ili šupljinama (slika 1a). Najčešće su mrko-crne boje, ali se na nekim uzorcima zapažaju i plavo-zelene (slika 1b) ili žuto-mrke skrame.

Optičkom (rudnom) mikroskopijom i SEM-EDS analizama uzoraka šljake utvrđeno je da se one sastoje od većeg broja silikatnih i nesilikatnih faza. Pored staklaste osnove, u ovim šljakama su prisutne skeletne forme produkata topljenja koji po sastavu odgovaraju prirodnim silikatnim fazama: gvožđevitom silikatu – fajalitu, i kalijском alumosili-

katu – leucitu (slika 2a, b) (Zdravković, u pripremi).

Nesilikatne faze se najčešće javljaju u obliku kapljičastih, ovalnih ili loptastih formi. One sadrže veliki broj veoma različitih faza, među kojima se izdvajaju: Cu-sulfati i/ili Cu-Fe-sulfidi, Pb-sulfidi, kao i kompleksne legure metala (slika 2c, d). Prisutne legure su najčešće Sb-Ni-As-Pb ili Sb-Ni-As-Fe sastava. Osim sulfida, sulfata i legura, u ispitivanim šljakama se javljaju i sitne loptaste forme čistih metala (barka i/ili olova), veličine do oko 5 mm (slika 2a) (Zdravković, u pripremi).

Pored faza koje su produkti topljenja šljake, kod delimično raspadnutih šljaka prisutne su i sulfatne sekundarne faze, koje se javljaju najčešće u vidu pomenutih plavo-zelenih skrama. Rendgenskom i SEM-EDS analizom u ovim skramama su identifikovane dve dominantne sekundarne sulfatne faze: olovno-bakarni hidratizani sulfat - linarit, i bakarni hidratizani sulfat - brošantit (slika 2e, f) (Zdravković, u pripremi).

U srednjovekovnim negvoždjevitim šljakama oblasti Rudnika najzastupljenije faze prema Vuković (1980, 1992) jesu i: fajalit, hedenbergit ($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$), leucit i vistit (FeO), dok se podređeno pojavljuju i anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), melilit ($\text{Ca}_2(\text{Al, Mg SiO}_7)$) i spineli (magnetit – $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, hercinit - $\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$). Pored pomenutih, prisutni su sulfidi i oksidi Fe, Pb, Zn, Cu i As, kao i metalno olovo, ređe bakar.

Rezultati rudne mikroskopije i SEM-EDS analize potvrđuju prisustvo faza koja su identifikovane mineraloškim ispitivanjima šljaka na poliranim uzorcima iz iste oblasti četiri decenije ranije primenom rudne mikroskopije i rendgenskom difrakcionom analizom (Vuković, 1980, 1992). Dodatno, identifikovane su sekundarne faze formi-

rane na površini, među kojima linarit i brošantit, koje do sada nisu bile identifikovane na šljakama u ovoj oblasti. Na osnovu ovih istraživanja, trebalo bi pristupiti analizama ruda, kao i metalnih predmeta izrađenih od metala dobijenih obradom rudničke metalne mineralne sirovine primenom istih ovih metoda, ali i uključivanjem i novih analitičkih postupaka. Na taj način bi se sprovedla sistematska gearheološka ispitivanja koja bi bacila više svetlosti na tehnološko-metalurške procese primenjivane u srednjem veku na teritoriji Rudnika. Dodatno, ovakav pristup bi mogao da se primeni i na ostalim lokalitetima.

***Zahvalnost:** Istraživanja su urađena u okviru projekta OI176016 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Autori zahvaljuju Laboratoriji za SEM Rudarsko-geološkog fakulteta na izradi analiza.*

Bibliografija

- Gee, C., Ramsey, M.H., Maskall, J., Thornton, I. 1997.** Mineralogy and weathering processes in historical smelting slags and their effect on the mobilisation of lead, *Journal of Geochemical Exploration* 58: 249-257.
- Navarro, A., Cardellach, E., Mendoza, J.L., Corbella, M., Domènech, L. M., 2008.** Metal mobilization from base-metal smelting slag dumps in Sierra Almagrera (Almeria, Spain). *Applied Geochemistry* 23: 895–913.
- Kierczak, J., Potysz, A., Pietranik, A., Tyszka, R., Modelska, M., Néel, C., Ettler, V., Mihaljevič., M. 2013.** Environmental impact of the historical Cu smelting in the Rudawy Janowickie Mountains (south-western Poland). *Journal of Geochemical Exploration* 124: 183 - 194.
- Piatak, M. N., Seal II, R. R., Hammarstrom, J. M. 2004.** *Mineralogical and geochemical controls on the release of trace elements from slag produced by base- and precious-metal smelting at abandoned mine sites.* *Applied Geochemistry* 19, 7: 1039 - 1064.
- Piatak, M. N., Parsons, M. B., Seal II, R. R. 2015.** Characteristics and environmental aspects of slag: A review. *Applied Geochemistry* 57: 236 – 266
- Ganne, P., Cappuyns, V., Vrvoort, A., Buvé, L., Swennen, R. 2006.** Leachability of heavy metals and arsenic from slags of metal extraction industry at Angleur (eastern Belgium). *Science of the Total Environment* 356: 69 - 85.
- Vitezović S., Antonović D. 2014.** *Archaeotechnology: studying technology from prehistory to the Middle Ages.* In: S. Vitezović, D. Antonović (eds.), *Archaeotechnology: studying technology from prehistory to the Middle Ages*, Beograd, Srpsko arheološko društvo: 7-12.
- Vuković, S. 1980.** *Mineralne asocijacije starih olovo-cinkovih šljaka-troskvi u Šumadiji sa osvrtom na neke druge oblasti u Srbiji.* Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- Vuković, S. 1992.** Rekonstrukcija drevne metalurške tehnologije na osnovu mineralnih asocijacija starih šljaka, *Arheologija i prirodne nauke, Naučni skupovi, knjiga LVIV, Odeljenje istorijskih nauka*, Beograd, knjiga 12: 133 – 143.
- Zdravković, A. 2020 (u pripremi).** *Mehanizam formiranja sekundarnih minerala na odlagalištima Pb-Zn rudnika Rudnik i uticaj na životnu sredinu.* Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet.

OPEKE VII KLAUDIJEVE LEGIJE SA LOKALITETA ČAIR – CASTRUM (VIMINACIJUM): PRELIMINARNA MINERALOŠKO-PETROLOŠKA ANALIZA

Ljubomir Jevtović
Arheološki institut, Beograd

Suzana Erić
Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Kristina Šarić
Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Predrag Vulić
Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Ivan Bogdanović
Arheološki institut Beograd

Branimir Šegvić
Department of Geosciences, Texas Tech University, Lubbock, SAD

Ključne reči: rimska opeka, glina, poreklo sirovine, polarizaciona mikroskopija, skenirajuća elektronska mikroskopija sa energetsko-disperzivnim spektrometrom (SEM-EDS), rendgenska difrakcija na prahu (XRPD)

Izrada velike studije o opekarskoj proizvodnji VII Klaudijeve legije na teritoriji provincije Gornje Mezije započeta je pre desetak godina. Glavni logor legije i centar njene proizvodne delatnosti u periodu od kraja I do kraja IV veka nalazio se u Viminacijumu. Osim ostataka 16 peći za pečenje opeka, koji direktno svedoče o opekarskoj proizvodnji na prostoru Viminacijuma (Jevtović, Danković *in press*) (slika 1), do sada je prikupljena i kolekcija od oko 2000 opeka sa žigom

VII Klaudijeve legije, različitih formata (*imbrex, tegula, lydion, bessalis, pedalis, bipedalis*), kao i ulomci opeka nedefinisane forme. Krajem 2019. godine započeta je i mineraloško-petrološka analiza opeka sa ciljem da se utvrde njihov sastav, karakteristike glinene paste, tehnologija proizvodnje, kao i poreklo sirovine. Prvobitna ispitivanja obuhvatila su uzorke pronađene tokom novih istraživanja legijskog utvrđenja koje se nalazi na lokalitetu Čair – Castrum.

* U daljem tekstu će se koristiti transkripcija na srpskom jeziku.

** O novim istraživanjima lokaliteta Čair – Castrum vidi Nikolić *et al.* (2018) i



Slika 1. Plan Viminacijuma sa ostacima opekarske proizvodnje (dopunjen plan Jevtović, Danković *in press*)

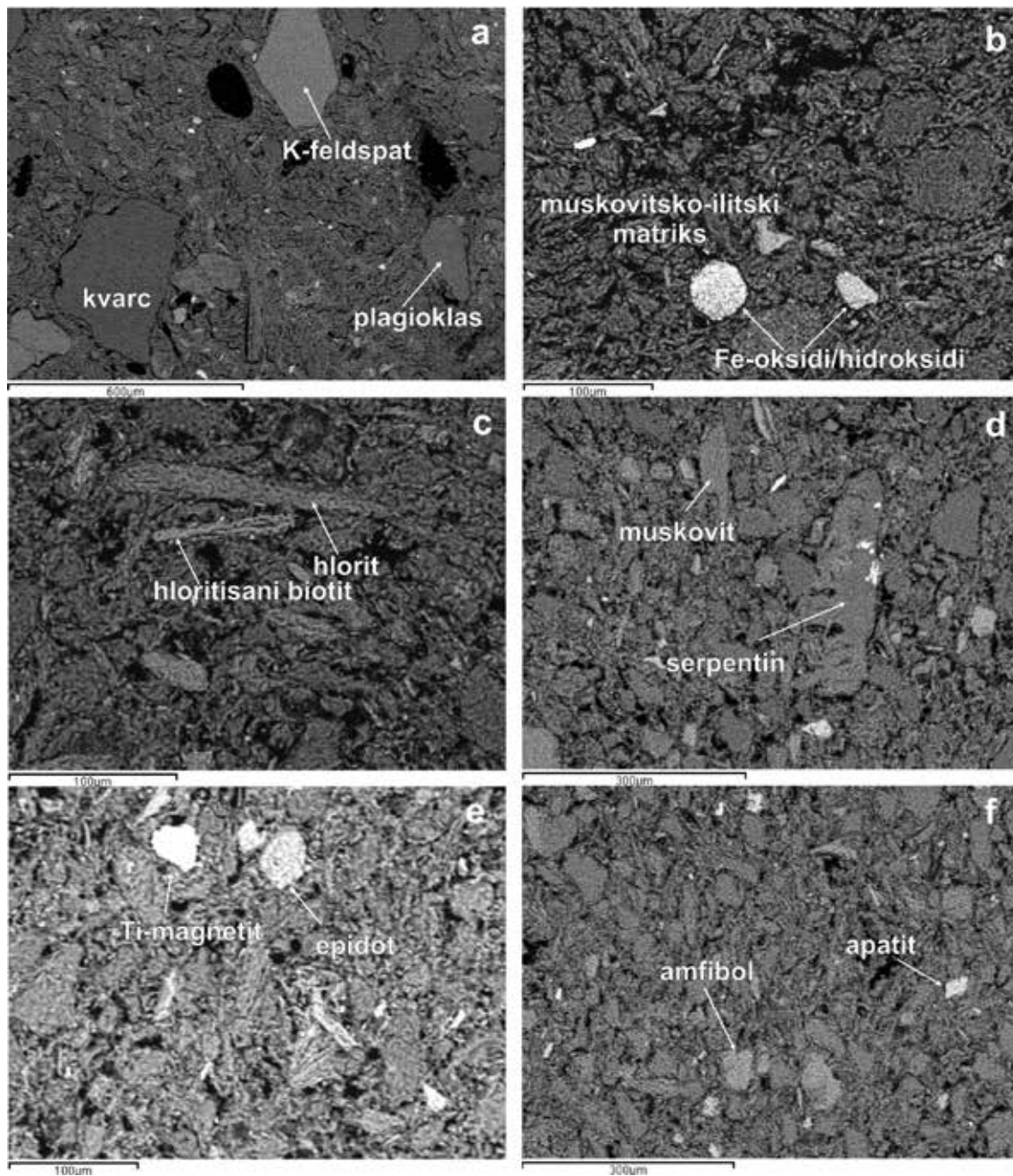
U ovom radu biće prikazani prvi rezultati dobijeni ispitivanjem deset opeka različitog formata, i to: dve opeke nedefinisanog oblika (oznaka Co), dva lidiona (Cl), dva besalisa (Cb), dva pedalisa (Cp), jedan imbreks (Ci) i jedna tegula (Ct). U ovoj, prvoj fazi istraživanja, osnovni zadatak jeste karakterizacija materijala, s ciljem da se stekne prvi uvid u karakteristike materijala i napravi osnova na kojoj će se dalje planirati i realizovati ona istraživanja koja će kompletirati sliku o opekarskoj delatnosti VII Klaudijeve legije.

Svi prikazani rezultati dobijeni su primenom sledećih metoda: polarizacione mikroskopije za linearno-polarisanu svetlost (PM), skenirajuće mikroskopije sa energetske disperzivnim spektrometrom (SEM-EDS) i rendgenske difrakcije na prahu (*X-ray powder diffraction* - XRPD). Polarizacionom mikroskopijom je urađena analiza petrografskih preparata na polarizacionom mikroskopu tipa Leica DMLSP sa kamerom DFC290HD.

SEM-EDS analiza je urađena na skenirajućem elektronskom mikroskopu JEOL JSM-6610LV, koji je povezan sa EDS detektorom marke Oxford X-Max. U radu su prikazani BSE snimci (BSE - *back scattered electrons* - povratno rasuti elektroni). Istraživanja rendgenskom difrakcijom na prahu sprovedena su pomoću automatskog višenamenskog rendgenskog difraktometra Rigaku Smartlab u θ - θ (uzorak u horizontalnom položaju) parafokusnoj Bragg-Brentanovoj geometriji sa automatskim divergentnim prerezom od $1/6^\circ$, uz upotrebu D/teX Ultra 250 strip detektora u 1D XRF redukcijom modu sa $\text{CuK}\alpha_{1,2}$ izvorom zračenja ($U = 40 \text{ kV}$ i $I = 30 \text{ mA}$). Uzorak je pripremljen u standardnom nosaču uzorka. Rendgenski difraktogrami su prikupljeni u ugaonom opsegu $4-75^\circ 2\theta$, sa korakom $0,01^\circ$, i brzinom prikupljanja podataka od $1^\circ/\text{min}$. Kristalne faze su identifikovane pomoću namenskog Rigaku PDXL 2.0 programskog paketa (sa instaliranom ICCD PDF-2 2016 bazom podataka).

Nikolić *et al.* (2019).

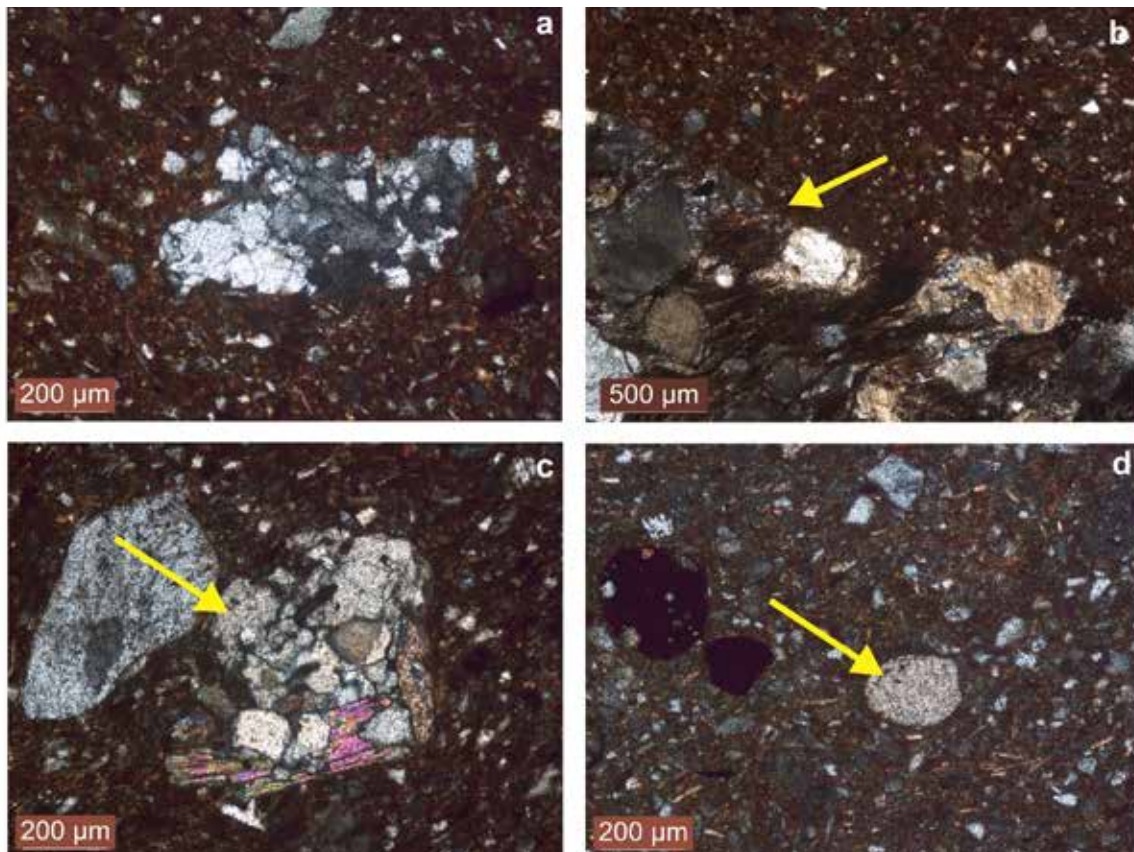
* Za više detalja o metodama PM-e i SEM-EDS-e čitalac se upućuje na Šarić *et al.* (2018).



Slika 2. BSE snimci faza u ispitivanim opekama: a) kvarc, K-feldspat i plagioklas (uzorak Ci-6), b) muskovitsko-ilitski matriks i Fe-oksidi/hidroksidi (Ct-60), c) liske hlorita i hloritisanog biotita (Ct-60), d) serpentin i muskovit (Co-76), e) epidot i Ti-magnetit (Cb-41), f) amfibol i apatit (Cb-64).

Sastav analiziranih uzoraka (vrsta klasti i matriksa) određen je kombinovanjem SEM-EDS analize i polarizacione mikroskopije (slike 2, 3). Petrografske odlike ukazuju da nema sličnosti u sastavu i teksturi između istih tipova opeka (na primer, dve analizirane opeke nedefinisane forme se razlikuju među

sobom po krupnoći klasta, orijentaciji sastojaka koja je veoma izražena u Co-1, ali se tek nazire u Co-76 ili uzorci lidiona sadrže različitu količinu i granulaciju tempera), ali se sličnost zapaža između uzoraka lidiona Cl-62 i besalisa Cb-64. Imajući u vidu ovakvu sliku s jedne strane i, s druge strane, ograničeni broj

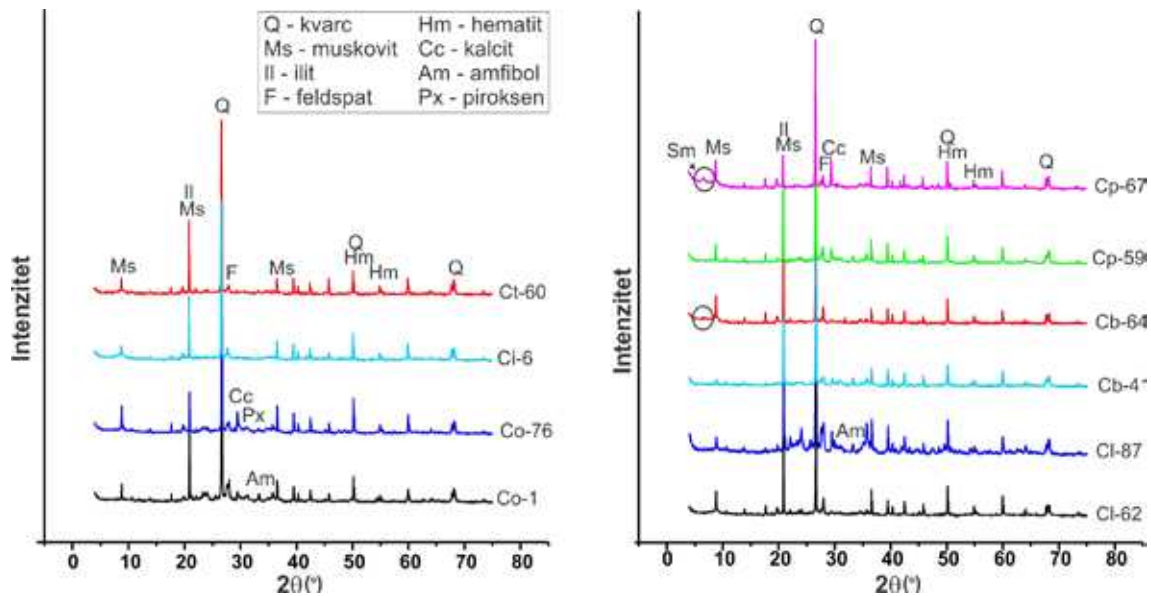


Slika 3. Fotomikrografije litoklasti: a) kvarcit (Ct-60), b) okcasti gnajs (Cl-62), c) muskovitski granitoid (Cp-67), d) karbonat (Co-76); ukršteni nikoli.

uzoraka, sastav analiziranog materijala će biti prikazan zbirno za sve uzorke.

Od klasta su zastupljeni i kristaloklasti i litoklasti. Najzastupljeniji kristaloklasti, koji se sreću u svim uzorcima, čine kvarc, plagioklasi i alkalni feldspati, kao i liskuni (muskovit i biotit), Fe-oksidi i hlorit. *Kvarc* se javlja u svim uzorcima u vidu krupnijih i često ispucalih zrna, ali i u vidu značajno sitnijih zrna unutar muskovitsko-ilitskog matriksa. *K-feldspati* i *plagioklasi* se uglavnom javljaju u vidu idiomorfnih do hipidomorfnih zrna različitog stepena zaobljenosti. Alkalni feldspat se javlja kao ortoklas, mikroklin ili pertitisani ortoklas. Plagioklasi pokazuju heterogenost u sastavu, a pojedini uzorci (Co-1, Cp-67) sadrže i albit i bazičnije plagioklase. *K-feldspati* su zastupljeniji od plagioklasa. *Muskovit*, karakteristične

pseudoapsorpcije i živih interferentnih boja, pojavljuje se dvojako: u vidu tankih izduženih liski (dužine i do 0,3 mm) ili u vidu sitnih anizotropnih sericitskih ljuspica koje čine prelaz ka matriksu. *Biotit* se pojavljuje retko i to pretežno kao liska hloritisana u različitom stepenu. *Hlorit* se pojavljuje ili u vidu samostalnih liski ili po biotitu. *Fe-oksidi/hidroksidi* se javljaju kao sitne klasti koje retko prelaze 100 μm homogeno raspoređene u uzorcima. Uzorak Co-1 sadrži i *granat*. U pojedinim uzorcima registrovani su i: *amfibol* (Co-76, Cb-64, Cp-59 i Cp-67), *serpentinisani olivin* (Cp-67, Co-76), *epidot* (Co-76, Cb-41 i Ci-6) i *piroksen* (Ci-6). Akcesorne faze: *cirkon*, *sfen*, *titanomagnetit*, *ilmenit* (Cl-62), *hematit*, *apatit*, *monacit* i *alanit* u uzorku Cp-59, *rutil/anatas* (Cb-64), pojavljuju se u vidu retkih pojedinačnih zrna.



Slika 4. Rendgenski difraktogrami ispitanih uzoraka.

U pojedinim uzorcima (Co-1, Ci-6) izduženi sastojci, naročito liske muskovita, orijentisani su svojom dužom osom u jednom pravcu, dok je kod većine uzoraka raspored sastojaka homogen.

Litoklasti (slika 3) predstavljeni su fragmentima metamorfita (kvarcita, gnajseva, liskunskih škriljaca), granitoida, zatim kvarcno-feldspatskim klastima za koje se ne može sa sigurnošću utvrditi da li su deo granitoida ili gnajsa/škriljca, kao i fragmenata keramike. Posebno treba istaći da su klasti karbonatnog sastava, do oko 0,5 mm u prečniku, konstatovani u uzorcima Co-1, Ci-6, Cb-41, Cp-59, Ct-60 i Cl-87. Reč je o fragmentima koji predstavljaju monomineralne agregate kalcita, ali i o fragmentima u kojima su kalcit i sitna zrna kvarca (prečnika do oko 50 μm) udruženi, kakvi se sreću, na primer u uzorku Ct-60. Na ovom nivou ispitivanja nije moguće jasno utvrditi da li karbonatne klasti predstavljaju stenski materijal ili je možda reč o malteru koji je penetrirao u opeku. Litoklasti su najčešće subzaobljenih formi, mada ima i uglastih. Dimenzije im široko variraju:

od ekstremno krupnih, kakav je klast okcastog gnajsa u uzorku Cl-62, veličine oko 8x3 mm, do klasti ispod 0,02 mm u prečniku.

Polarizacionom mikroskopijom je utvrđeno da svi uzorci imaju anizotropni matriks. U mnogim uzorcima matriks pokazuje alevrolitski karakter koji definišu klasti kvarca i sericita veličine 0,05-0,005 mm udružene sa glinovitom osnovom. SEM-EDS analize hemijskog sastava matriksa date su kao srednja vrednost za šest analiza polja matriksa za svaki uzorak (tabela 1). Prema srednjem hemijskom sastavu izdvaja se matriks uzorka Ct-60, koji ima najviše sadržaje silicije (SiO_2 – 73,0 tež.%) i najniže sadržaje aluminije i magnezije (Al_2O_3 – 13,9 tež.%, MgO – 1,8 tež.%). U ostalim uzorcima sadržaj SiO_2 varira od 59,7 (Co-76) do 68,4 tež.% (Cb-64), a sadržaj Al_2O_3 od 15,4 tež.% (Cb-47) do 19,2 tež.% (Ci-6). Sadržaj kalcije u analiziranim matriksima različitih vrsta opeka pokazuje značajna variranja, od minimalnih 2,5 tež.% (Ci-6) do maksimalnih 8,9 tež.% (Cl-87), dok su sadržaji kalije i natrije

uglavnom ujednačeni u svim uzorcima ($K_2O = 2,1-3,0$ tež.% i $Na_2O = 0,8-1,5$ tež.%).

Rendgenskom difrakcijom praha (slika 4) potvrđeno je da je dominantna faza u ispitivanim uzorcima kvarc, a da zatim slede muskovit (koji je u uzorcima Ci-6, Ct-60, Cl-62, Cb-64 i Cl-87 udružen sa ilitom), plagioklas i K-feldspat. U svim uzorcima identifikovni su i manje zastupljeni kalcit (čiji udeo varira) i hematit. Od ostalih petrogenih minerala javljaju se i amfibol i piroksen. Smektit je identifikovan samo u uzorcima Cb-64 i Cp-67. Na svim difraktogramima primetan je slabo izražen široki pik, centriran oko $24^\circ 2\theta$, koji najverovatnije odgovara malom sadržaju amorfnе materije.

Na osnovu iznetih preliminarnih rezultata ispitivanja opeka sa lokaliteta Viminacijum mogu se postaviti smernice za dalja istraživanja, od kojih su najvažnije:

- povećanje kolekcije novim uzorcima,
- definisanje kriterijuma po kojima će se analizirani uzorci dalje razmatrati,
- sistematska analiza materijala koji potiče iz peći, a koji predstavlja posebne celine - od opeka koje predstavljaju zidove peći, preko opeka pronađenih u peći i nepečenih opeka nađenih pored samih peći,
- analiza glina uzorkovanih kao potencijalnih sirovina korišćenih za izradu opeka,
- primena dodatnih metoda (XRF, FTIR) za bližu karakterizaciju uzorka,
- ispitivanje fizičko-mehaničkih svojstava opeka i drugo.

Zahvalnost: *Ispitivanja su izvršena u laboratorijama Departmana za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta i sprovode se u okviru projekata OI176016 i III47018 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.*

Bibliografija

- Jevtović, Lj., Danković, I., (in press).** An overview of the CBM industries of ancient Viminacium. Roman ceramic and glass manufactures, Production and Trade in the Adriatic region and beyond. *Proceedings of the 4th International archaeological colloquy, Crikvenica (Croatia), 8th - 9th November 2017*, G. Lipovac Vrkljan, A. Konestra & A. Eterović Borzić (eds.), Archaeopress.
- Nikolić, S., Stojić, G., Marjanović, M., 2018.** Istraživanja na lokalitetu Čair – castrum (Viminacijum) 2016. godine. U: *Arheologija u Srbiji. Projekti Arheološkog instituta u 2016. godini*, I. Bugarski, N. Gavrilović Vitas & V. Filipović (ur.), 68–78.
- Nikolić, S., Stojić, G., Marjanović, M., Bogdanović, I., Jevtović, Lj., 2019.** Istraživanja na lokalitetu Čair – castrum (Viminacijum) 2017. godine. U: *Arheologija u Srbiji. Projekti Arheološkog instituta u 2017. godini*, I. Bugarski, V. Filipović & N. Gavrilović Vitas (ur), 125–134.
- Šarić, K., Bikić, V., Erić, S., 2018.** Microstructural, Mineralogical and Petrographical Characteristics of the Medieval Ceramics from the Studenica Monastery (UNESCO World Heritage Site): Implications on the Pottery Technology and Provenance of The Raw Material. *Microscopy and Microanalysis* 24/6: 744-761.

NONDESTRUCTIVE METHODS FOR THE ANALYSIS OF TRADITIONAL POTTERY MANUFACTURE: ZLAKUSA POTTERY AS A CASE STUDY

Maja Milošević

Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade

Mihovil Logar

Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade

Biljana Đorđević

National Museum in Belgrade, Belgrade

Keywords: *spectroscopy, pottery, cultural heritage, Zlakusa*

Introduction

The village of Zlakusa and the production of pottery by hand-wheel have been known in historical literature since 1860, when Felix Kanitz noted the appearance of pottery in the Užice territory during his travels (Đorđević-Bogdanović 2016). Since then, Zlakusa pottery was nominated by the decision of the National Committee for the Intangible Cultural Heritage and the Ministry of Culture and Information of the Republic of Serbia for the UNESCO Representative List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity, whose nomination will be considered in 2020. This emerging popularity of pottery from Zlakusa led to the emergence of counterfeit pottery that resembles and closely imitates the traditional appearance but lacks its quality (Milošević *et al.* 2019; Djordjević *et al.* 2019). The technique used in traditional pottery modelling is the coiling on a manual wheel which has been adapted to the properties of the clay mass used

as the raw material (Milošević *et al.* 2019a; Djordjević *et al.* 2019). Clay mass composed of clay from Vranjani, Dobrodo deposit (Đorđević-Bogdanović 2016) (Đorđević-Bogdanović 2016; Milošević *et al.* 2019b) and calcite from Rupeljevo in the ratio of $\approx 50:50\%$ or $40:60\%$, in favour of calcite, for pots and other types of vessels of larger dimensions (Đorđević-Bogdanović 2016; Milošević *et al.* 2019a; Djordjević *et al.* 2019). Application of non-destructive methods for the analysis of pottery manufacture in Zlakusa was conducted with a final goal to present differences in the manufacture processes of contemporary and traditional pottery in an effort to protect its cultural heritage.

Materials and methods

For characterization of traditional pottery and manufacture techniques several analytical methods were applied: spectroscopy in VIS and NIR light, visual inspection, photography, and col-

our determination. Spectroscopy was measured using a CCS200 spectrometer (Thorlabs) with R45/45 geometry and optical cable system. The colour of the samples was established from the diffuse reflectance (DR) in the region between 400 and 700 nm according to the CIE (1932) method. The white standard was BaSO₄ and the light source was illuminant C. The samples were photographed using a Canon, Power Shot (SX 220 HS) camera and were processed by application of the ImageJ program. The investigation was carried out on three samples produced differently from the same source material by coiling (slow hand-turned wheel) - sample 1, wheel-thrown (electrically powered "kick" wheel) - sample 2, and moulding - sample 3; including the outer surface and inner parts of the pots.

Results and discussion

Visually inspected vessels are of different sizes, depending on the intended application, symmetrical, without any specific distinctions, and they do not show the application of glaze or additional coloration. The sample -1- shows characteristic coils of different thicknesses with evident breaks and irregular flattening of the surface which is in good agreement with the application of low rotations of the potter's wheel to smooth out unevenness occurring during coiling construction of the pottery (Roux & Courty 1998). The gradual reduction of concentric rings of different widths, evident on sample -2-, as well as the lack of roughness and asymmetry together with the appearance of concentric circles at the very bottom, indicates the manual process of smoothing of surface defects at higher rpm (rotations per minute) (Roux & Courty 1998; Henrickson 1991). When observing sample -3-,

it can be noted that there are no characteristic morphological features nor rings or concentric circles; the wall thickness is uniform and completely flattened throughout the whole vessel, which is in a good correlation with the starting statement that the production of this sample was achieved by the application of the mould. After the application of photography and corresponding image software, there is an evident difference in the observed trace profiles. Depth and width of the surface striations, as well as their size, are going from clearly distinctive to less prominent when comparing sample -1- to samples -2- and -3-. Sample -1- has the maximum profile depth with unevenly arranged tracks along the length of the vessel while sample -3- shows the smallest depth of profile striations over short distances on the surface. Differences between the studied samples are also evident in their colour shade on the surface. The corresponding spectra, measured in the visible light region, of samples -2- and -3- is very similar with a shift towards the red area of the spectrum while sample -1- has a significantly higher level of reflection resulting in lighter colour shade. By the premise that all of the samples were made of approximately the same source material, this difference of colour is not closely connected to the Fe oxide/hydroxide minerals (Kreimeyer 1987) as it can be related to the heating mode and atmosphere in the furnaces while firing off the vessels.

Conclusion

Investigation of pottery from Zlakusa was conducted with a final goal to present differences between traditional and modern pottery making that can be obtained by non-destructive methods in an effort to protect the cultural her-

itage of this type of manufacture. Upon observing the surface of the investigated pottery vessels, a clear difference between the methods of manufacture can be noted. The colour, appearance irregularities, unevenness, horizontal lines or their absence, smoothing of the surface, the appearance of concentric circles and such are the main indicators that give insight into the production of each vessel. Further investigation is needed to determine the mineralogical differences between the new sintered phases in the samples and their influence on the quality of the pottery, along with their similarity to the traditional materials.

Acknowledgments: The present study was supported by the Ministry of Education and Science, the Republic of Serbia, Project no. 176010.

References

- Djordjević, B. Milošević, M. & Logar, M. 2019.** Zlakusa hand-wheel pottery making as a cultural heritage and its protection. *The Eight Serbian Ceramic Society Conference "Advanced Ceramics and Application"*, Belgrade, Serbia: 40.
- Dorđević-Bogdanović, B. 2016.** *Et-noarheološka istraživanja tehnologije keramike. Studija slučaja Zlakusa*. Ph.D. dissertation. The University of Belgrade.
- Henrickson, R. C. 1991.** Wheelmade or wheel-finished? Interpretation of 'Wheelmarks' on pottery, in: *Materials Issues in Art and Archaeology II.*, eds. by P.B. Vandiver, G.S. Druzik, G.S. Wheeler, Materials Research Society, Pittsburgh, Penn: 523–541
- Kreimeyer, R. 1987.** Some notes on the firing colour of clay bricks, *Appl. Clay Sci.*, 2: 175–183.
- Milošević, M., Djordjević, B. & Logar, M. 2019a.** Differences between various types of Zlakusa pottery manufacture. *The Eight Serbian Ceramic Society Conference "Advanced Ceramics and Application"*, Belgrade, Serbia: 38.
- Milošević, M., Dabić, P., Kovač, S., Kaluđerović, L. & Logar, M. 2019b.** Mineralogical study of raw clay samples from Dobrodo, Serbia. *Clay Minerals*: 1-31.
- Roux, V. & Courty, M. A. 1998.** Identification of wheel-fashioning methods: technological analysis of 4th–3rd millennium BC oriental ceramics, *Journal of Archaeological Science* 25: 747–763.

AMS RADIOCARBON DATING OF ARCHAEOLOGICAL SAMPLES AT THE ZAGREB RADIOCARBON LABORATORY

Andreja Sironić

Ruđer Bošković Institute, Zagreb,

Ines Krajcar Bronić

Ruđer Bošković Institute, Zagreb

Damir Borković

Ruđer Bošković Institute, Zagreb

Jadranka Barešić

Ruđer Bošković Institute, Zagreb

Keywords: *accelerator mass spectrometry AMS, ^{14}C dating, Zagreb Radiocarbon Laboratory, archaeological samples*

Naturally occurring radioactive isotope of carbon, radiocarbon ^{14}C , is present in living biota, materials of biogenic origin or in materials that incorporate carbon from atmosphere. It is formed in the upper layer of the atmosphere, forms CO_2 and enters biosphere through photosynthesis and food chain. It also further enters the non-living Earth's compartments that are directly or indirectly related to biota. The activity of ^{14}C in the atmosphere, as well as in living biota, is approximately constant. When the atmospheric carbon is no longer introduced to a material, the concentration of ^{14}C starts to decrease due to radioactive decay. Time elapsed since the last introduction of atmospheric CO_2 can be calculated from the amount of remaining ^{14}C . This is the base for radiocarbon dating method that is essential in establishing chronology for archaeological samples. The ^{14}C half-life of 5730 years enables its use as radiometric

clock for samples originating from up to 50 000 years in past.

Abundance of ^{14}C in atmosphere and biosphere is only about 10^{-10} % so special sample-destructive methods had to be developed, as well as sensitive measurement techniques. There are two basic measurement techniques: radiometric techniques and mass spectrometry. In radiometric techniques ^{14}C decays in sample are counted, while mass spectrometry requires high energy accelerators measuring abundance of carbon isotope atoms. In both techniques, the carbon from the sample is transformed into compounds that are used as measuring matrices: a suitable gas (for gas proportional counting – GPC), liquid (liquid scintillation counting – LSC) and solid (accelerator mass spectrometry – AMS). Chemical procedures for selecting carbon atoms from samples and synthesizing particular chemical matrices have been developed, e.g., for LSC –

benzene, C₆H₆, and for AMS – graphite.

The Zagreb Radiocarbon Laboratory at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb, Croatia, was founded in 1968 (Srdoč *et al.* 1971). The Laboratory started with establishing the in-house infrastructure for radiometric ¹⁴C dating by GPC. For many years the GPC technique and methane as a counting gas were used (Horvatinčić *et al.* 2004) and since 2003 LSC with either benzene synthesis or absorption of CO₂ has been used (Horvatinčić *et al.* 2004, Krajcar Bronić *et al.* 2009, 2010a). Laboratory also developed graphite synthesis for AMS (Krajcar Bronić *et al.* 2010b, Sironić *et al.* 2013), which made it a “feeding laboratory” for facilities with accelerator machines. AMS graphite synthesis in the Laboratory expanded application of radiocarbon dating in archaeology, his-

tory of art, geology, paleoclimatology, and radiocarbon measurement of naturally occurring ¹⁴C in environmental studies, forensics, etc. Also, radiocarbon dating was used as a support to other dating techniques like sclerochronology (Peharda *et al.* 2019).

While radiometric techniques require few grams of carbon, AMS works with milligram size samples, which largely expands application of radiocarbon analyses in archaeological and cultural heritage studies. The LSC method requires 2 – 4 g of carbon for analysis, while optimal amount of carbon for AMS is about 3 mg. List of sample mass required for a radiocarbon analysis of various sample types by LSC and AMS methods is presented in Table 1.

Table 1 Required amount of sample for radiocarbon dating by LSC and AMS at the Zagreb Radiocarbon Laboratory

Sample Type	Sample mass LSC	Sample mass AMS
Charcoal	8 - 30 g	10 – 100 mg
Wood	30 – 100 g	10 – 100 mg
Bone, antler, horn	80 – 400 g	1 – 5 mg
Teeth	-	2 – 3 teeth
Grains	50 – 100 g	30 – 100 mg
Textile, paper, parchment	-	50 – 100 mg
Cremated bones	-	10 – 5 mg
Mortar*	-	10 – 100 g*

*more than one sample usually required, a few fractions usually dated, still under development

Therefore, AMS is a perfect solution for radiocarbon dating of small size archaeological samples (like grains, hair, paper, parchment or any other usual carbon-bearing material that is not abundant at the site) and valuable cultural heritage samples that need to be preserved. Also, AMS enables dating of

particular fractions of samples. For example, apatite carbonate from cremated bones could be dated by AMS only due to a small portion of datable carbon. Mortar is another sample type that contains only a fraction of radiocarbon-datable material, i.e., only a small fraction of carbon that was adsorbed from the

atmosphere at the time of mortar formation.

Since 2008, when AMS was introduced in the Zagreb Radiocarbon Laboratory, dated archaeological samples consisted of charcoal (40 %), wood (31 %), bone collagen (31 %) and other types (8 %) of samples. The LSC method was used for 80 % of charcoal and 65 % of wood samples, while AMS method was used for 70 % of bone collagen samples and almost all other sample types (paper, cremated bones (bone apatite), parchment, teeth, antler, grains, linen, hair). Also, mortar samples, for which the method for datable carbon extraction is still in development phase, were dated by AMS (Sironić *et al.* 2019).

Mortar dating has been a subject of research since the dawn of the radiocarbon method, but up-to-date there is no consensus on the method that would extract only the carbon from CaCO_3 fraction formed at the time of mortar production. If the representative carbon fraction is not selected properly, dating could yield untrue dates due to contamination with geogenic (limestone, not containing any ^{14}C) CaCO_3 that was used as filler or it remained unburned during the mortar production. This problem makes mortar dating to this day an interesting field of research for unique analytical procedures for radiocarbon dating (Hale *et al.* 2003). Mortar dating seems to have been revived in recent years in part owing to the increase in number of AMS radiocarbon laboratories worldwide. This yielded a necessity for radiocarbon laboratory inter-comparison and the first Mortar Dating Inter-Comparison Study (MODIS) was conducted in 2015 (Hajdas *et al.* 2017; Hayen *et al.* 2017). Seven radiocarbon and one OSL laboratory took part in the inter-comparison in which four mortar samples were distributed. The true dates

of the mortars were obtained from ^{14}C dates of charcoal and bones associated with production of mortars. Currently there is a second mortar inter-comparison MODIS2 in progress in which the Zagreb Radiocarbon Laboratory is also included after being recognized for the mortar dating of the Skopje Aqueduct in the Republic of North Macedonia (Sironić *et al.* 2019).

References

- Hajdas, I, A Lindroos, J Heinemeier, Å Ringbom, F Marzaioli, F Terrasi, I Passariello, M Capano, G Artioli, A Addis, M Secco, D Michalska, J Czernik, T Goslar, R Hayen, M Van Strydonck, L Fontaine, M Boudin, F Maspero, L Panzeri, A Galli, P Urbanová, P Guibert 2017. Preparation and Dating of Mortar Samples—Mortar Dating Inter-Comparison Study (MODIS). *Radiocarbon* 59: 1845–1858
- Hayen, R, M Van Strydonck, L Fontaine, M Boudin, A Lindroos, J Heinemeier, Å Ringbom, D Michalska, I Hajdas, S Hueglin, F Marzaioli, F Terrasi, I Passariello, M Capano, F Maspero, L Panzeri, A Galli, G Artioli, A Addis, M Secco, E Boaretto, C Moreau, P Guibert, P Urbanova, J Czernik, T Goslar, M Caroselli 2017. Mortar Dating Methodology: Assessing Recurrent Issues and Needs for Further Research. *Radiocarbon* 59: 1859–1871.
- Hale, J, J Heinemeier, L Lancaster, A Lindroos, A Ringbom 2003. Dating Ancient Mortar. *American Scientist* 91: 130-137.
- Sironić, A, D Borković, J Barešić, I Krajcar Bronić, A Cherkinsky, L Kitonovska, V Štrukil, LR Čukovska 2019. Radiocarbon Dating of Mortar from the Aqueduct in Skopje. *Radiocarbon* 61: 1239–1251.
- Srdoč, D, B Breyer, A Sliepčević 1973. Ruđer Bošković Institute Radiocarbon Measurements I. *Radiocarbon* 13: 135-140.
- Krajcar Bronić, I, B Obelić, N Horvatinčić, J Barešić, A Sironić, K Minichreiter 2010a. Radiocarbon application in environmental science. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 619: 491-496.
- Horvatinčić, N, J Barešić, I Krajcar Bronić, B Obelić 2004. Measurement of Low ^{14}C Activities in Liquid Scintillation Counter in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. *Radiocarbon* 46: 105-116.
- Krajcar Bronić, I, N Horvatinčić, A Sironić, B Obelić, J Barešić, I Felja 2010b. A new graphite preparation line for AMS ^{14}C dating in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 268 (7/8): 943-946.
- Krajcar Bronić, I, N Horvatinčić, J Barešić, B Obelić 2009. Measurement of ^{14}C activity by liquid scintillation counting. *Applied Radiation and Isotopes* 67: 800-804.
- Sironić, A, I Krajcar Bronić, N Horvatinčić, J Barešić, B Obelić, I Felja 2013. Status report on the Zagreb radiocarbon laboratory - AMS and LSC results of VIRI intercomparison samples. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 294: 185-188.
- Peharda, M, A Sironić, K Markulin, S Jozić, D Borković, C Andersson 2019. The Bivalve *Glycymeris pilosa* as an Archive of ^{14}C in the Mediterranean Sea. *Radiocarbon* 61: 599–613.

ARHEOMETRIJSKI PRISTUP UPOTREBE NEINVAZIVNIH METODA U RAPIDNOJ KARAKTERIZACIJI PRAISTORIJSKIH LOKALITETA – STUDIJA SLUČAJA LOKALITETA KNEŽEVAC

Miroslav Kočić

Odeljenje antropologije, Univerzitet u Pitsburgu, Pitsburg,
Komonvelt Pensilvanije

Brajan Henks

Odeljenje antropologije, Univerzitet u Pitsburgu, Pitsburg,
Komonvelt Pensilvanije

Marija Kaličanin Krstić

Zavod za zaštitu spomenika kulture Kragujevac

Mark Berman

Univerzitet u Pitsburgu, Odeljenje antropologije, Pitsburg,
Komonvelt Pensilvanije

Marko Grković

Zavod za zaštitu spomenika kulture Kragujevac

Petra Basar

Odeljenje antropologije, Univerzitet u Pitsburgu, Pitsburg,
Komonvelt Pensilvanije

Majkl Mlinec

Odeljenje antropologije, Univerzitet u Pitsburgu, Pitsburg,
Komonvelt Pensilvanije

Ključne reči: *arheometrija, nedestruktivna arheološka istraživanja, starčevačka kultura, Kneževac, Šumadija*

Arheometrijski pristup se često vidi kao pristup koji je ograničen na primenu u laboratorijskom okruženju. Ovaj članak pokazuje primer primene kvantitativnog arheometrijskog pristupa već od inicijalne faze arheoloških istraživanja, i vrednost nedestruktivnih metoda u naučnim istraživanjima, kroz

studiju slučaja neinvazivnih istraživanja na neolitskom lokalitetu Kneževac, opština Knić. Kao jedan od najnovijih primera korišćenja ovog metoda jeste geofizičko snimanje starčevačkog lokaliteta Kneževac u centralnoj Šumadiji, na kom nisu vršena arheološka iskopavanja, već su sva istraživanja bazirana na rezulta-

tima površinske prospekcije terena u kombinaciji sa geofizičkim merenjima. Istraživanja su vršena u okviru zajedničkog projekta Univerziteta u Pittsburgu i Zavoda za zaštitu spomenika kulture Kragujevac realizovanog u periodu od 2016. do 2018. godine.

Lokalitet se nalazi u podnožju planine Rudnik. O njegovom postojanju gotovo da nema pomena u stručnoj literaturi, sem navoda slučajnih nalaza posuda otkrivenih na prostoru sela (Богдановић 1983). Površinskom prospekcijom terena 2017. godine u severnom delu sela Kneževac, otkriveno je 436 artefakata, od kojih 75% predstavljaju nalazi keramike, od kojih je ogromna većina dijagnostičkih artefakata mogla da se hronološki odredi u rani neolit i starčevačku kulturu (Kočić 2019, Kočić *et al.*, in press). Na osnovu analize rasprostiranja i gustine nalaza, maksimalni zahvat lokaliteta tokom neolita pokriva 6 hektara. Metodologija rekognosciranja je pratila praksu sistematskih rekognosciranja razvijanih u severnoameričkoj školi arheologije, i prilagođena je regionalnoj skali istraživanja (MacNeish *et al.*, 1975; Hirth, 1980; Feinman and Nicholas, 1990). Rekognosciranje je izvedeno u sklopu većeg projekta rekognosciranja regije Gornje Gruže kao deo doktorskog rada M. Kočića. Metodologija je podrazumevala upotrebu uzorkovanja od 10 kvadratnih metara unutar veće osnovne ćelije od 20 kvadratnih metara, koje prate rasprostiranje supralokalnih ćelija od 1 hektar. Ovakvom strategijom uzorkovanja omogućeno je preklapanje i sprega multidisciplinarnih pristupa, tako da su i geofizička i geoarheološka istraživanja mogla pratiti istu postavljenu mrežu. Sastavni deo rekognosciranja je predstavljalo i inicijalno pedološko rekognosciranje, sa beleženjem opisa sedimenta (Holliday 2016). Geofizička istraživanja su spro-

vedena koristeći sledeće metode: fluksgejt magnetometriju visoke rezolucije, niskofrekventni elektromagnetizam i magnetsku podložnost površinskog sedimenta (Kočić *et al.*, in press).

Koristeći multidisciplinarni pristup i različite, isključivo nedestruktivne metode u sprezi jednih sa drugim, došlo se do značajnih rezultata u karakterizaciji i razumevanju lokaliteta Kneževac. Na ranije pomenutom prostoru od 6 hektara na kome je definisan neolitski materijal, nije primećeno prisustvo ni jedne druge kulture. Samo na prostoru od oko 6 ari na samom južnom kraju lokaliteta, tik kod izvora Buban, primećeno je nekoliko fragmenata keramike, koji najverovatnije pripadaju latenu, ali zbog veoma erodirane površine keramike, nije moguće dati precizniju hronološku ili tipološku određenost. Na latenski karakter keramike ukazuje i jedan komad gvozdene zgure koji je pronađen u okviru istog kvadrata kao i siva keramika sa trakastim drškama. Analiza rasprostiranja neolitskog materijala je pokazala jasnu organizaciju naselja sa zonama aktivnosti koje odvajaju deo lokaliteta gde dominiraju keramički artefakti, i deo lokaliteta gde dominira kamena industrija (Kочић 2019). Fluksgejt magnetometrija je pokazala prisustvo kružno organizovanih anomalija tačno u delu gde dominira keramički materijal, dok se u severnom delu lokaliteta nazire prisustvo manjih anomalija. Prisustvo rano-neolitskih anomalija je takođe zanimljivo po tome što se radi o veoma diskretnom prisustvu (2-10 nT), čije jasno definisanje je omogućilo geološka podloga koja je imala dosta niske vrednosti, u opsegu 1-5 nT. Kombinovanje geofizičkih metoda, naročito niskofrekventnog magnetizma i fluksgejt magnetometrije, pokazuje da se većina anomalija nalazi u zahvatu od 50 cm dubine, i da se već ne nalaze u maksimal-

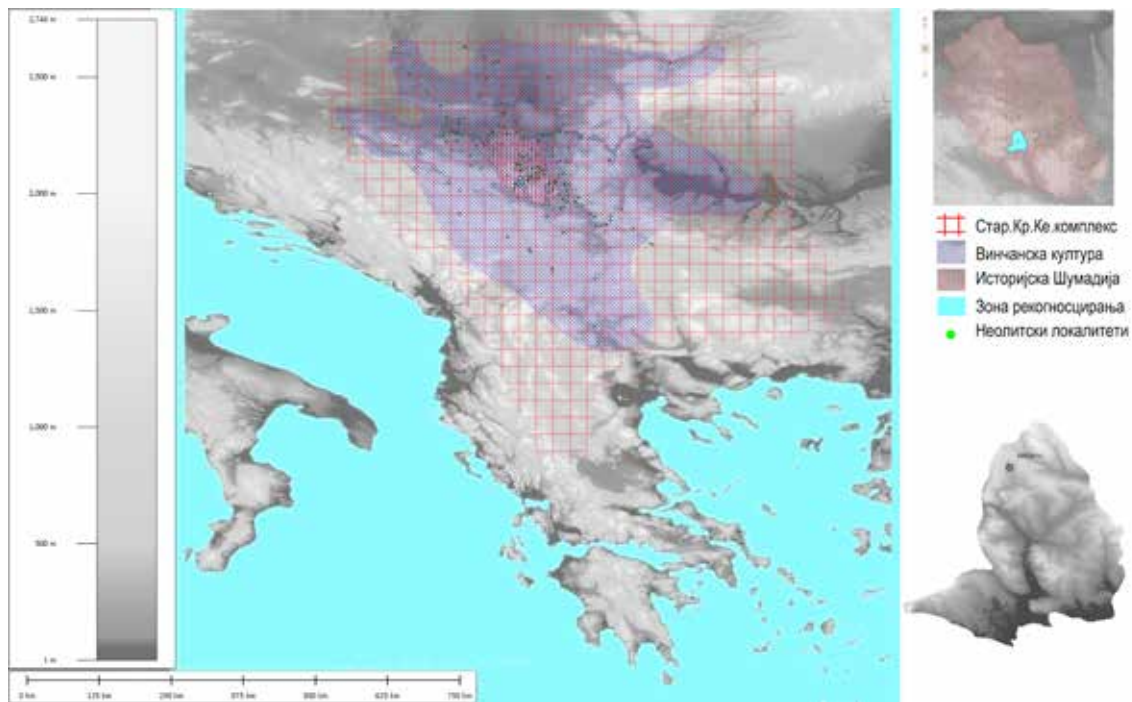
nom zahvatu niskofrekventnog elektromagnetizma od 1.8 metara (Kočić *et al.* in press). Pedološka istraživanja su pokazala da se i ovaj lokalitet, kao i dva druga neolitska naseobinska lokaliteta (Grivac i Kusovac) u Gornjoj Gruži, nalaze na vertisolu smonici, dok je u 90% okolnog sedimenta u klasi eutričkih kambisola. Ovaj podatak predstavlja dosta jaku indiciju da se u slučaju vertisola smonice zapravo radi o sedimentima koji su upravo antropogeni i predstavljaju rezultat aktivnosti neolitske populacije.

Kada govorimo o arheološkim istraživanjima, njihov osnov od začetka arheologije kao nauke pa do danas, čine arheološka iskopavanja na čijim rezultatima se bazira svako tumačenje nalaza i donošenje zaključaka. Koliko god smo svakodnevno svedoci korišćenja brojnih metoda prirodnih nauka u arheologiji, iskopavanja se i dalje među najvećim delom stručne javnosti čine nezamenjivim, što je dosta često i slučaj. Međutim, ako imamo na umu da je cilj arheologije prvenstveno rekonstruisanje života ljudi u prošlosti, u svetlu novih naučnih i metodoloških otkrića i mogućnosti, neminovno je preispitati pristup proučavanja prošlosti sa iskopavanjima kao centralnim fokusom istraživanja. Težnja da se tokom iskopavanja svi relevantni podaci propisno dokumentuju i na taj način sačuvaju za generacije kojima lokalitet devastiran iskopavanjem više nije dostupan, nailazi na neizbežnu pojavu da se tko svakog iskopavanja nailazi na „podatke koji u datom vremenu nisu podaci, jer ne postoji metod kojim bi se analizirali“ (Porčić 2019, 755) pa se samim tim i ne bivaju sačuvani.

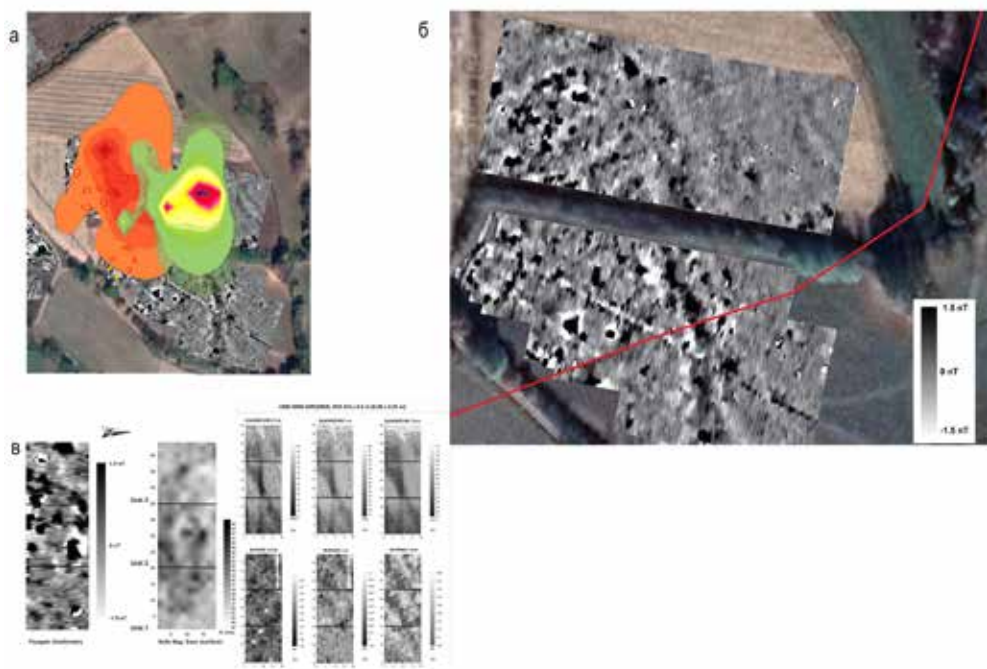
Kao što primer Kneževca pokazuje, samo koristeći nedestruktivne metode, bilo je moguće ne samo dobiti osnovne indikacije, već i veoma brzo i poprilično detaljnu sliku šireg prostora lokaliteta, kao i sliku organizacije istog.

Naravno, sledeći koraci podrazumevaju dalju upotrebu nedestruktivnih (pr. GPR), minimalno destruktivnih (karotža prečnika 2.5cm) i maksimalno ograničenu upotrebu destruktivnih metoda (ciljana iskopavanja test sonde) u svrhu detaljnog razumevanja hronološke prirode lokaliteta, i pedogeneze celog poteza neposredne okoline lokaliteta.

Posmatrajući rizik kojim se iskopavanjima izlažu arheološki podaci, kao i obim istraženih površina i dinamiku istraživanja, ne možemo se ne zapitati u kolikoj meri se rekonstrukcija ljudske života u prošlosti može bazirati na nedestruktivnim metodama kao centralnim istraživački metodom u budućim istraživanjima. Sa druge strane, činjenica da postoje podaci koji jedino iskopavanjem mogu postati dostupni, uslovljavaju neprestano usklađivanje destruktivnih i nedestruktivnih metoda u odnosu koji na najkvalitetniji način može uskladiti porast naučnog znanja, uz adekvatnu zaštitu i očuvanje arheološkog nasleđa. Planiranje svakog arheološkog istraživanja s toga, mora od samog početka i same konstrukcije istraživačkih pitanja, biti multidisciplinarno, i usmereno ka proceniti koje se sve, prvenstveno nedestruktivne metode mogu primeniti u odgovoru na ta pitanja.



Slika 1. Mapa sa lokacijama zone ranog neolita i zonom rekoгносцирања (Kočić 2020)



Slika 2. a. Rasprostranje gustine nalaza: keramika crveni spektar, kamena industrija zeleni spektar; b. Fluksgejt magnetometrija; c. Niskofrekventni magnetizam i magnetna podložnost (prema Kočić et al. in press)

Bibliografija

Богдановић, М. 1983. Археолошка истраживања на подручју централне Србије, „Станишта“ Крагујевац, I/1983, бр. 1: 9-26

Богојевић, К. 1987. Макробилни остаци и практична примена флотације на археолошким ископавањима, *Гласник Српског археолошког друштва* 4: 22

Вукадиновић, М. 2011. Примена геофизике у археологији, Краљево.

Ђурић, Д. 2018. *Основи геофизике А*, практикум, Рударско-геолошки факултет Београд, Београд.

Клейн, Л. С. 1993. *Феномен совјетског археолоији*. ФАРН, 1993.

Коџић, М. 2019. *Emergence of Social Complexity and Community Building in the Late Neolithic (5400-4600 cal. BCE) of the Central Balkans*. Unpublished Dissertation (PhD), University of Pittsburgh.

Коџић, М., Hanks; В., Kalić-anin-Krstić, М., Bermann, М., Basar, Р., Mlyniec, М., in press. Identifying Early Neolithic Settlements in the Šumadija Region of Serbia Through Combined Pedestrian Survey and Archaeological Geophysical Prospection.

Куленовић, Р. 1996. Индустриска археологија у Србији, *Гласник Српског археолошког друштва* 11: 135

Macneish, R.S., Fowler, M.L., Cook, A.G., Peterson, F.A., Nelken-Terner, A. Neely, J., 1975. *Excavations and Reconnaissance*, edited by RS MacNeish. The Prehistory of the Tehuacan Valley, vol. 5.

Peličić, D., Bokan, D., Dobrović, D., Bokan, D., 2020. Klasifikacija nauke, <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0354-8422/2016/0354-84221673018P.pdf> 15. 01. 2020

Porčić, М., 2019. Arheološko iskopaвање iz epistemološke perspective, *Et-*

noantropološki problemi 14/3: 751- 767, 755

Срејовић, Д. 2001. Археологија и природне науке – Могућности и ограничења, *Искуства прошлости*, Београд, 2001, 200

Feinman, G. M. And Nicholas, L. M. 1990. At the margins of the Monte Alban state: Settlement patterns in the Ejutla Valley, Oaxaca, Mexico. *Latin American Antiquity*, 1(3): 216-246.

Hirth, K. 1980. *Eastern Morelos and Teotihuacan: a settlement survey*. Nashville: Vanderbilt University.

Holliday, V. T. 2016. Soils in archaeological research. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology: People, the Earth, Environment and Technology:* 1-12.

ANALIZA TEHNOLOŠKIH SISTEMA U PRAISTORIJI: MOGUĆNOSTI I PRAVCI U ISTRAŽIVANJIMA

Selena Vitezović

Arheološki institut, Beograd

Dragana Antonović

Arheološki institut, Beograd

Vidan Dimić

Arheološki institut, Beograd

Danica Mihailović

Arheološki institut, Beograd

Ključne reči: praistorija, tehnologija, tehnološki pristup, tehnološki sistemi

Uvod

Arheologija, kao nauka koja se bavi proučavanjem prošlosti na osnovu materijalnih tragova, neodvojiva je od proučavanje tehnologije. U antropologiji i arheologiji koncept tehnologije polazi od osnovnog značenja grčke reči τέχνη – veština, i podrazumeva proučavanje načina kako se nešto radi. Studije tehnologije, međutim, predstavljaju složeni teorijski i metodološki koncept, čija pitanja prevazilaze način proizvodnje i funkcionalnu analizu materijalne kulture. Tehnološki pristup u arheološkim istraživanjima uključuje ne samo proučavanje kako je nešto načinjeno, već i analizu raznih tehnoloških faktora – od odabira sirovine, preko načina izrade i upotrebe, pa sve do razloga za prestanak korišćenja, kao i proučavanje mesta i značaja nekog tehnološkog izbora, neke aktivnosti, neke tehnologije i tehnoloških sistema u okvirima prošlih društava (cf. Miller 2007; Greene 2004;

Витезовић 2011; Vitezović 2013, sa referencama).

Heder Miler (Miller 2007: 4), definiše tehnologiju kao čitav „niz činova i međusobnih veza“: od same proizvodnje i organizacije proizvodnog procesa do kulture u najširem smislu koja uključuje i sve postupake povezane sa potrošnjom. Tehnologija je zapravo svuda oko nas, i ne obuhvata samo predmete koji nas okružuju, već se radi i o izmenjenoj prirodnoj okolini i svakom čovekovom dejstvu na materiju (cf. Greene 2004; Miller 2007). U tom smislu može se izdvojiti antropologija tehnoloških sistema, tačnije studija materijalne kulture u socijalnom i ekonomskom kontekstu, koja obuhvata svaki proces delovanja na materiju. Posebno značajni radovi koji se tiču tehnološkog koncepta jesu radovi Pjera Lemonijea (Pierre Lemonnier), koji je pokušao da studije tehnologije uobliči u formu jasno izdvojenog teorijskog pristupa (Lemonnier 1986; 1992; 1993).

Lemonijeov teorijski pristup danas je široko prihvaćen među mnogim istraživačima, koji su dalje nadgradili studije tehnologije (cf. Dobres 1999; Schiffer 1995; Schiffer *et al.* 2001; Schiffer and Skibo 2008, između ostalog; takođe up. Витезовић 2011; Vitezović 2013, sa referencama). Međutim, jedan od aspekata Lemonijeovog teorijskog koncepta koji je još uvek nedovoljno zastupljen, a koji ima veliki istraživački i interpretativni potencijal, jeste koncept tehnoloških sistema.

Prema Lemonijeu, tehnološke sisteme ne treba posmatrati kao statičke okvire ili kao determinante, već su socijalni aspekti izbora određene tehnologije od posebnog značaja – vrlo je važno pitanje kako i zašto neko društvo koristi jednu određenu tehnologiju, a ne neku drugu (Lemonnier 1993).

Analiza tehnoloških sistema treba da počne od neposrednih, očitih aspekata materijalne kulture, poput stila, dekoracije ili boje, ali je potrebno voditi računa i o tome da oni nose i čitav niz informativnih i simboličkih aspekata koji uključuju arbitrarne izbore tehnike, fizičke akcije, materijala, i tako dalje. Tehnološki sistemi mogu se analizirati na tri različita nivoa. Prvi nivo analize posmatra kako različite komponente sistema međusobno dejstvuju i formiraju tehnologiju – materija na koju se deluje, energija, sredstva za rad ili alati, pokreti, kao i specifična znanja i veštine. Svaka promena jedne komponente uzrokuje promene u drugoj – promena sirovine uzrokuje promenu u alatima i gestima, promene sredstava za rad utiču na postupak proizvodnje, znanja i veštine se prilagođavaju svakoj promeni, i tako dalje. Drugi nivo analize podrazumeva proučavanje svih tehnologija u okvirima jednog društva i njihovih međusobnih odnosa. Nekoliko tehnologija može deliti iste majstore i/ili radno i radionič-

ko mesto, jedna tehnika može koristiti sirovine i/ili alate proizvedene drugom tehnikom, i tako dalje. Teći nivo analiza tiče se odnosa između tehnologije i drugih društvenih fenomena, odnosno proučava kako su tehnološki sistemi integrisani u veće sisteme, odnosno društva (Lemonnier 1986; 1992; 1993).

Međutim, studije koje su pokušale da povežu tehnološke aspekte proizvodnje sa drugim društvenim fenomenima nisu brojne. Često se dešava da se rezultati retko sagledavaju u odnosu na druge tehnologije i šire društvene fenomene, čak i ako se tehnološka istraživanja postave tako da uključuju neke od najsavremenijih fizičko-hemijskih analiza za proučavanje načina proizvodnje, porekla sirovine, distribucije ili prakse u potrošnji. Među retkim studijama koje se, manje ili više eksplicitno, oslanjaju na principe Lemonijeove antropologije tehnologije mogu se izdvojiti, na primer, analiza ranoneolitske keramike (Spataro 2016) ili studija o proizvodnji paleolitskih umetničkih predmeta (Farbstein 2013).

Uzorci mogu biti, s jedne strane, još uvek jaka i duboko ukorenjena arheološka praksa razdvajanja različitih klasa materijalnih ostataka i njihova odvojena analiza prema već ustaljenim metodama. S druge strane, jedan od razloga može biti i to što za studije višestrukih tehnologija i tehnoloških sistema, često nije ispunjen osnovni preduslov, odnosno analize pojedinačnih tehnologija nisu dovoljno temeljne i detaljne.

U ovom radu ćemo predstaviti neke od mogućih pravaca istraživanja koji bi se oslonili upravo na višestruke tehnologije i tehnološke sisteme na osnovu primera iz neolitskog i eneolitskog perioda.

Kamena i koštana industrija u neolitskom periodu

Koštane i kamene sirovine su, uz drvo, bile osnovne sirovine za izradu predmeta za svakodnevnu upotrebu kroz čitavu praistoriju, i kost i kamen su posebno važni za izradu svakodnevnih alata. Promene u svakoj od ove dve industrije međusobno su tesno povezane; za izradu koštanih predmeta koriste se različite kamene alatke, i koštani predmeti mogu imati ulogu u procesu proizvodnje kamenih, a pored toga, za različite druge aktivnosti i zanate koriste se kompleti alata koji uključuju i koštane i kamene predmete (za izradu proizvoda od gline, za obradu kože, u drvodeljstvu, zemljoradnji i tako dalje). Stoga je za proučavanje tehnoloških tradicija i novina u okvirima nekog društva neophodno uspoređivati obe ove tehnologije.

Starčevačka kultura, kao prva kultura zemljoradnika i stočara u oblasti centralnog Balkana, donela je brojne promene u ekonomiji i tehnologiji. Najkrupnije i svakako najznačajnije jesu uvođenje pripitomljenih životinja i kultivisanih biljnih vrsta, dok je najupadljivija tehnološka promena uvođenje keramičkih proizvoda. Međutim, postoji još čitav niz povezanih promena u tehnologiji i svakodnevnim aktivnostima – novi načini privređivanja doneli su nove ili izmenjene svakodnevne aktivnosti i potrebe za alatom i drugim predmetima.

Kada je reč o koštanoj i kamenoj industriji, uočavamo promene u novim tehnikama i novim tipovima predmeta. Naročito upadljiva novina u kamenoj industriji jeste pojava i veća zastupljenost abrazivnog oruđa, koje se često vezuje upravo za pojavu zemljoradnje, odnosno interpretira se novonastalom potrebom za mlevenjem žitarica. Međutim, abrazivno oruđe moglo je imati i druge namene, prvenstveno u izradu pred-

meta od čvrstih materijala (Антоновић 2008). U koštanoj industriji, sa druge strane, javlja se nov tehnološki postupak – obrada struganjem i glačanjem pomoću abrazivnog sredstva, uglavnom abrazivnih stena poput peščara. Na ovaj način je proizvodnja raznih tipova šiljatih alatki pojednostavljena; naime, ukoliko kosti nisu pravilno ocepljene prilikom prvih faza obrade, nepravilnosti bi se lako popravile upravo struganjem i glačanjem, zatim, na ovaj način je produžen životni vek oruđa jer bi se polomljeni ili oštećeni vrh brzo ponovo naoštrio, i, konačno, stvoreni su novi podtipovi i nove varijante predmeta. Ove sve tehnološke inovacije međusobno su tesno povezane – s jedne strane, pojava abrazivnog oruđa donela je promene u koštanoj industriji, dok je višestruka primena uticala na kvantitet, kvalitet i raznovrsnost kamenih abrazivnih alatki (Antonović and Vitezović 2014). Koštana i industrije glačanog i okresanog kamena takođe mogu pokazivati različit stepen promena i različit odnos tradicija i novina, kao što je uočeno u analizi kamenih i koštanih predmeta sa ranoneolitskog lokaliteta Velesnica (Antonović *et al.* 2019).

Razvoj metalurgije

Metali su poslednji u nizu sirovina koje se nalaze u prirodi čiju su tehnologiju prerade otkrile praistorijske zajednice. Prerada metala spada u transformativne tehnologije, i u pitanju je složen tehnološki postupak, koji podrazumeva različite vrste znanja i veština – od poznavanja mesta gde se može nabaviti kvalitetna sirovina, preko složenog postupka pretvaranja rude u metal, do konačne izrade predmeta od metala.

Metali su, međutim, i sirovina koja se srazmerno lako reciklira, što je često primenjivano u praistoriji, deli-

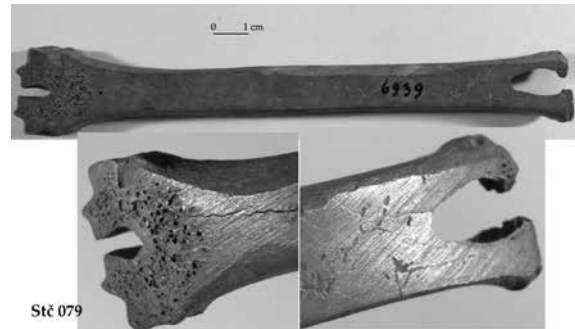
mično i zbog složenog postupka nabavke same sirovine. Recikliranje otežava arheološka proučavanja, naročito ranih etapa razvoja metalurgije. Boljem sagledavanju zastupljenosti i uopšte uloge metalnih predmeta tokom ranih faza metalnih doba mogu doprineti indirektni podaci koje pružaju koštani i kameni predmeti.

Naime, na koštanim predmetima se često mogu jasno očuvati tragovi alata kojima su obrađivani, i kameni i metalni

predmeti obično se mogu nedvosmisleno razdvojiti. Čak i faunalni ostaci mogu biti od značaja; naime, tragovi kasapljenja na kostima takođe mogu odražavati alat koji je iskorišćen. Haskel Grinfeld naročito se bavio ovom temom, i analizirao je tragove na kostima sa većeg broja lokaliteta koji se datuju u periode pojave metalurgije (e.g., Greenfield 1999; 2000). Pouzdani tragovi korišćenja metalnog alata u većoj meri utvrđeni su za koštane industrije sa nalazišta vučedol-



Slika 1. Alatka od abrazivnog kamena – glačalica



Slika 2. Polufabrikat od kosti sa tragovima struganja abrazivnim kamenom, Starčevo-Grad.



Slika 3. Fragmenti rogova sa tragovima sečenja metalnim alatom, Zok. Bataševo.



ske kulture. Nalazi sa lokaliteta Vučedol, Zok i Sarvaš sadrže, između ostalog, veću količinu fragmenata rogova, otpadaka od proizvodnje i celih rogova sa jasnim i nedvosmislenim tragovima sečenja i testerisanja metalnim alatom (Vitezović and Mitrović 2016; Vitezović and Krištofić 2019). To pokazuje s jedne strane da je u ovo vreme metalurgija već bila dovoljno razvijena i da su metalni predmeti imali primenu u svakodnevnom životu, a sa druge, da je industrija roga pretrpela promene usled uvođenja nove tehnologije.

Nasuprot tome, tragovi upotrebe metalnih oruđa u obradi kamena nisu zabeleženi na našoj teritoriji tokom neolita i eneolita, što ne mora obavezno da znači da ih nema s obzirom na to da je još uvek mali obim ispitivanja tragova obrade i upotrebe na kamenim predmetima. Međutim, na metalnim predmetima su ponekad vidljivi tragovi završne obrade kamenim alatima. Tragovi brušenja mogu se videti na ranom bakarnom oruđu i uglavnom su nastali prilikom oštrenja sečice, ređe i ostalog dela alatke (Antonović 2014: 59).

Zaključna razmatranja

Analize višestrukih tehnologija i tehnoloških sistema nose veliki interpretativni potencijal i mogu dosta doprineti proučavanju i boljem razumevanju širenja tehnoloških inovacija, kao i pitanja organizacije proizvodnje i ekonomije, kao i pitanja društvenih i kulturnih odnosa. U tu svrhu neophodna su integrisana proučavanja porekla sirovina, tehnoloških postupaka i distribucije i potrošnje proizvoda, ali i razvoj novih metodoloških i teorijskih okvira za proučavanje.

Bibliografija

- Антоновић, Д. 2008.** Абразивно оруђе у неолиту Србије, *Гласник Српској археолошкој друштва* 24: 339–350.
- Antonović, D. 2014.** *Kupferzeitliche Äxte und Beile in Serbien*, Stuttgart: Franz Steiner; Mainz: Akademie der Wissenschaften und der Literatur (Prähistorische Bronzefunde, Abt. IX, Bd. 27).
- Antonović, D., Vitezović, S. 2014.** Stones and bones: stone tools used in manufacturing of bone. *10th Meeting of the Worked bone research group of the International council of Zooarchaeology, Beograd, 25-30. Aug. 2014*: 32.
- Antonović, D., Vitezović, S., Šarić, J. 2019.** The Early Neolithic settlement at Velesnica: lithic and osseous industries. In: Filipović, V., Bulatović, A., Kapuran, A. (eds.): *Papers in Honour of Rastko Vasić 80th Birthday*. Institute of Archaeology, Belgrade: 63–70.
- Dobres, M.-A. 1999.** Technology's links and *chaînes*: The processual unfolding of technique and technician. In: Dobres, M.-A., Hoffman, C. R. (Eds.): *The Social dynamics of Technology: practice, politics and world views*. Washington and London: Smithsonian Institution Press: 124–146.
- Farbstein, R. 2013.** The Materiality of production: exploring variability and choice in the production of Palaeolithic portable art made in antler and bone. In: S. O'Connor, A. Choke (eds.): *From these bare bones : raw materials and the study of worked osseous objects*. Oxford and Oakville: Oxbow Books: 98–108.
- Greene, K. 2006.** Archaeology and technology. In: Bintliff, J. (Ed.): *A Companion to archeology*. Blackwell Publishing, Oxford: 155–173.
- Greenfield, H. 1999.** The Origins of Metallurgy: Distinguishing Stone from

- Metal Cut Marks on Bones from Archaeological Sites. *Journal of Archaeological Science* 26: 797–808.
- Greenfield, H. 2000.** The origins of metallurgy in the central Balkans based on the analysis of cut marks on animal bones. *Environmental Archaeology* 5: 119–32.
- Lemonnier, P. 1986.** The study of material culture today: toward an anthropology of technical systems. *Journal of Anthropological Archaeology*, 5: 147–186.
- Lemonnier, P. 1992.** *Elements for and anthropology of technology*. Ann Arbor, Michigan.
- Lemonnier, P. 1993.** Introduction. In: P. Lemonnier (Ed.): *Technological choices: transformation in material cultures since the Neolithic*. Routledge, London: 1–35.
- Miller, H. M.-L. 2007.** *Archaeological approaches to technology*. Academic Press, Elsevier, Oxford.
- Schiffer, M. B. 1995.** *Behavioral archaeology: First principles*. University of Utah press, Salt Lake City.
- Schiffer, M. B., Skibo, J. M., Griffiths, J. L., Hollenback, K. L., Longacre, W. A. 2001.** Behavioral archaeology and the study of technology. *American Antiquity*, 66: 729–737.
- Skibo, J., Schiffer, M. B. 2008.** *People and things. A behavioral approach to material culture*. Springer, New York.
- Spataro, M. 2016.** Playing with colours: understanding the chaîne opératoire of the earliest red monochrome and white-on-red painted ware of the central Balkans. In K. Bacvarov, R. Gleser (eds.): *Southeast Europe and Anatolia in prehistory. Essays in honor of Vassil Nikolov on his 65th anniversary*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie Band 293 Aus der Abteilung für Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie der Universität Münster, Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn: 167–174.
- Витезовић 2011.** Студије технологије у праисторијској археологији, *Зборник Материце српске за друштвене науке* 137 (4/2011), 465–480.
- Vitezović, S. 2013.** From artefacts to behaviour: technological analyses in prehistory. *Anthropologie. International Journal of Human Diversity and Evolution* 51/ 2: 175–194.
- Vitezović, S., Mitrović, J. 2016.** Antler technology in the Bronze Age: The case study of Zók. *11th Meeting of the Worked Bone Research Group of the ICAZ. Programme and abstracts, Iași, Romania, 23-28. May 2016*: 38–39.
- Vitezović, S., Krištofić, V. 2019.** Bone industry in the Vučedol culture: some preliminary results. *Prehistoric Communities along the Danube, Osijek, 28-30. Nov. 2019*: 31.

KAMENE GLAČANE IZRAĐEVINE S LOKALITETA STARI PERKOVCI-DEBELA ŠUMA (OKOLICA ĐAKOVA, ISTOČNA HRVATSKA) - TIPOLOŠKA, TEHNOLOŠKA I MINERALOŠKO-PETROGRAFSKA ANALIZA

Dragana Rajković
Arheološki muzej Osijek

Suzana Antolin
Mineraloško-petrografski zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište
u Zagrebu

Dražen Balen
Mineraloško-petrografski zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište
u Zagrebu

Darko Tibljaš
Mineraloško-petrografski zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište
u Zagrebu

Ključne riječi: *Stari Perkovci-Debela šuma, kamene glačane alatke, neolitik, nefrit, geoarheologija*

Arheološki lokalitet Debela šuma nalazi se na dionici autoceste Đakovo-Sredanci, sjeveroistočno od sela Stari Perkovci, udaljeno oko 12 km od Đakova (istočna Hrvatska). Zaštitno arheološko istraživanje provedeno je 2006. godine. Istražena površina iznosila je oko 59000 m². Prema arheološkim nalazima, Debela šuma se može podijeliti na dva dijela: srednjovjekovno naselje nalazilo se na višem, ocjeditom

položaju, dok se sjeverno od njega, na nižim položajima, nalazilo prapovijesno naselje (Filipec, Šiša Vivek 2007: 69-70, Filipec *et al.* 2009: 21). U ovom radu obrađene su kamene glačane izrađevine starčevačke i sopotske kulture, dok su mineraloško-petrografske analize provedene na pojedinim nalazima sopotske kulture*

* Analiza je provedena na Mineraloško-petrografskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i sastavni je dio diplomskog rada Suzane Antolin.

Nalazi starčevačke kulture

Najstariji nalazi pripadaju starčevačkoj kulturi koja je prema dobivenom apsolutnom datumu datirana 6010-5800 kal. pr. Kr.^{*} U dokumentaciji su opisane različite zapune, a vjerojatno se radi o jamama i poluukopanim objektima. Glačane kamene izrađevine promatrane su s tehnološkog i tipološkog aspekta, dok mineraloške i petrografske analize na starčevačkom dijelu nalaza nisu provedene.

U stratigrafskim jedinicama starčevačke kulture izdvojeno je tek 5 kamenih glačanih alatki. Od tehnoloških kategorija izdvojeni su finalni proizvodi i okrhcii od izrade i uporabe. Okrhci od izrade pronađeni su unutar stratigrafske jedinice Sj 900 (slika 1). Nije zabilje-



Slika 1. Uzorci izlomljenih izrađevina, okrhcii od izrade i uporabe, poluproizvodi, Sj 900 (snimila D. Rajković).

žen njihov jasan odnos, niti položaj, ali vidljivo je da se radi o manjim ulomcima koji su nastajali izradom kamenih glačanih izrađevina, i vidljivo je da se radi o sirovini koja je već opisana u kamenom materijalu starčevačke kulture. Detaljna analiza nije napravljena, ali paralele su vidljive s lokalitetima Kaznica-Rutak i Slavonski Brod-Galovo (Rajković 2019: 196). Cjelovite izrađevine unutar starčevačkog dijela lokaliteta čine dvije tesle: L-1496 (III/4a), i L-4865 (III/5a), bat L-3868 (VI/6) te vrlo oštećena alatka, kojoj nije određena tipološka pripadnost, L-1495 (Rajković 2019: 198).

Nalazi sopotske kulture

Sopotskom dijelu lokaliteta pripadaju mnogobrojne jame različitog oblika, ostaci zemunica i nadzemnih objekata. Datirana kost goveda iz stratigrafske jedinice Sj 52, dala je datum za sopotsku kulturu (Beta – 483072) 4721-4554. kal. pr. Kr. 95,4 %, što se poklapa s klasičnom fazom sopotske kulture.

Na sopotskom dijelu lokaliteta izdvojene su ukupno 182 kamene glačane izrađevine pronađene u ukupno 74 stratigrafske jedinice. Od tehnološko-tipoloških kategorija nalaza izdvojeni su poluproizvodi, cjelovite izrađevine te okrhcii od uporabe. Poluproizvodi su prisutni s 11 komada (6%). Sirovina koja je vidljiva u njihovoj izradi prisutna je i u cjelovitim izrađevinama, a najbrojniji su od tamnozelenih tvrdih i sitnozrnatih stijena, čija je karakteristika obrada lomljenjem te se mogu uglačati do vrlo visokog sjaja (slika 2). Većinom su izduženog oblika s mnogobrojnim tragovima lomljenja, a na nekima je još uvijek očuvana i prirodno uglačana po-

* Apsolutni datum dobiven je datiranjem C14 kosti goveda iz stratigrafske jedinice Sj 382. Najsrdačnije se zahvaljujem kolegici dr. sc. Jacqueline Balen (Arheološki muzej u Zagrebu) na ustupljenom datumu.

vršina sirovinskog materijala. Dužina im se kreće od 76 do 125 mm. Veličina ovih poluproizvoda, mogla bi upućivati na pretpostavku da se radi o sirovinama koje su prikupljane sa svojih primarnih ležišta (veći od 10 cm). O jednom vidu organiziranog rudarenja ove vrste sirovina, može svjedočiti i vrlo veliki broj izrađevina s ovog lokaliteta izrađen upravo od tih zelenih sitnozrnatih sirovina. Ove pretpostavke nisu potkrijepljene petrografskim analizama.

Najbrojniju kategoriju cjelovitih izrađevina sa sječivom čine tesle, a pronađeno ih je ukupno 79 (43%). Od potkategorija najzastupljenije su tesle sa širim distalnim krajem od proksimalnog (potkategorija III/1), a pronađena su 33 komada. Vrlo brojna kategorija su izdužene tesle kod kojih je distalni kraj ne-

znatno širi od proksimalnog (III/3), kojih je pronađeno 11. S ukupno 7 komada zastupljene su tesle paralelnih bočnih rubova (III/5) te tesle paralelnih bočnih rubova i ukošenih sječiva (III/6). S jednim uzorkom prisutne su tesle sa zaobljenim sječivom (III/2) i tesle sa širim distalnim dijelom i ukošenim sječivom (III/4). Ukupno 10 komada se nije moglo pripisati određenom tipu jer se radi o vrlo oštećenim izrađevinama. Premda je prisutan znatan broj oštećenih nalaza, a oštećenja su posebice vidljiva na distalnom dijelu, na 25 tesli mogla se odrediti njihova dužina koja se kreće od vrlo malih dimenzija, odnosno 33 mm, pa do 140 mm, što predstavlja duže alatke ovoga tipa. Širina sječiva kreće se od 27 do 43 mm. Mnogobrojne tesle pokazuju tragove obrade mekših materijala, kao



Slika 2. Različiti tipovi izrađevina i poluproizvoda izrađeni od iste sirovine (riolitni tuf) (snimila D. Rajković).



Slika 3. Sjekira I/1a, L-6106

što je drvo, na što upućuju tragovi uporabe na dorzalnoj strani, a na očuvanim primjercima vidljivo je i uglavljivanje u držak od mekanog materijala. Na nekim primjercima vidljiva je i vrlo nemarna obrada, tako da su upotrebljavani, premda im čitava površina nije obrađena. Kod ove vrste nalaza česta je i sekundarna uporaba. Na nekoliko primjerala zabilježeni su tragovi prepravljivanja istrošenih tesli, koje su na taj način dovedene do forme poluproizvoda, ali završna obrada nikada nije dovršena i kao takve su odbačene. Sjekire su zastupljene s ukupno 7 komada (4%) (slika 3). Najbrojnija potkategorija su sjekire sa širim distalnim dijelom od proksimalnog (I/1), 3 komada, a razlikuju se u poprečnim presjecima. Od ostalih potkategorija prisutna su dva komada s paralelnim bočnim rubovima i polukružnim presjekom (I/3) i jedna komad s paralelnim

bočnim rubovima i ukošenim sječivom te elipsoidnim poprečnim presjekom. Jedan uzorak sjekire radi oštećenosti se nije mogao pripisati određenom tipu. Četiri sjekire očuvane su u svojoj cijeloj dužini, a ona se kreće od 52 do 93 mm i pripadaju manjim i srednjim sjekirama. Sječivo je očuvano na četiri primjerka i širina mu se kreće od 29 do 44 mm. Na dvije sjekire sječivo je potpuno oštećeno uslijed uporabe, a na ostalima su vidljivi tragovi uporabe na dorzalnoj i ventralnoj strani sječiva, kao i tragovi uglavljivanja u držak.

Dlijeta su zastupljena s 21 primjerkom (11%). Najbrojnija potkategorija su dlijeta s paralelnim bočnim rubovima i polukružnim poprečnim presjekom (V/3), odnosno 8 komada. Zatim slijede dlijeta-tesle s užim distalnim dijelom, također polukružnog po-

prečnog presjeka (V/2), 7 komada. S dva uzorka prisutna su dlijeta-tesle sa širim distalnim krajem (V/5), a s jednim dlijeto-sjekira sa širim distalnim krajem (V/4). Dužina očuvanih dlijeta kreće se od 41 do 99 mm, a širina sječiva od 10 do 24 mm. Tragovi uporabe ukazuju da su vjerojatno korištene za finu obradu mekih materijala kao što je drvo. Batovi su zastupljeni s ukupno 11 komada (6%). Najbrojniji su batovi s paralelnim bočnim rubovima i krajevima iste debljine (VI/3), 4 komada, potom batovi s krajevima iste debljine od kojih je jedan uži (VI/5). Uočeni su i prirodni obluci koji na svojim radnim rubovima imaju tragove vrlo snažnog udaranja (VI/6), 2 komada. Dužina im se kreće od vrlo velikih, od 215 mm do manjih dimenzija, oko 65 mm. Bat L-6161 izrađen je na oblutku na kojem je vidljiva prirodna uglačanost sirovine, ali i tragovi lomljenja, nepravilnog je oblika, a na očuvanom radnom kraju vidljivi su tragovi udaranja, glačanja i crne boje. Od cjelovitih izrađevina prisutan je tip izdužene glačalice, ali vrlo je oštećena (L-2903), dužina joj iznosi 115 mm, a vrlo je slična glačalici s lokaliteta Kaznica-Rutak. Sjekire s rupom za nasad držala zastupljene su s tri primjerka (2%), a pripadaju tipu s užim distalnim dijelom od proksimalnog (II/3). Vrlo su loše očuvane što je općenita karakteristika ove vrste nalaza. Ukupno 10 cjelovitih izrađevina (5%) nije se moglo odijeliti u poseban tip jer se radi o vrlo oštećenim predmetima.

Sirovinske analize

Prikupljeni uzorci sopotskih nalaza su najprije grupirani na temelju gustoće. Na temelju nje, boje koja je određena prema Munsellovoj ljestvici (Rajković 2019) i teksturno-strukturnih karakteristika kamena izdvojena su 44 uzorka koji su analizirani rendgenskom

difrakcijom snimanjem njihove površine. Iz te je skupine potom izdvojeno 9 komada za detaljne analize (Antolin 2019: 7). Na njima je provedena klasična rendgenska difrakcijska analiza na prahu, i analizu kemijskog sastava ICP-ES/MS metodama. Od njih su izrađeni i mikroskopski preparati, koji su potom analizirani polarizirajućim petrografskim mikroskopom s ciljem određivanja mineralnog sastava i vrsta stijene (Antolin 2019: 11-12). Kemijske analize tih uzoraka provedene su u laboratoriju Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. Analizirani su glavni elementi, elementi u tragovima i elementi rijetkih zemalja. Uzorci koji su obrađeni pripadaju skupini stijena koje se često pojavljuju na neolitičkim lokalitetima za izradu kamenih glačanih alatki, a to su hornfels, čert, tufit, metadijabaz i amfibolski škriljavac. No, jedan nalaz, a to je tesla, ističe se kao posebno vrijedan, jer je izrađen od nefrita. Nefrit je vrlo rijetka sirovina, posebice na nalazištima sopotske kulture, ali i Hrvatske općenito (Burić 2000, Burić *et al.* 2004). Nefrit je sirovina koju karakterizira izrazita žilavost i relativno niska tvrdoća. Unatoč relativno maloj bazi podataka o izrađevinama od nefrita, uzorak iz Debele šume bilo je moguće jednoznačno odrediti kao S-tip nefrita (Antolin 2019, 3, 10, 11). Unatoč tome što je nefrit detaljno analiziran ostaje otvoreno pitanje porijekla ove sirovine. Tesla od nefrita L-4866 (slika 4) dosta se razlikuje od nefrita za koje su dostupne kemijske analize. To nije potpuno neočekivano jer se ona po bijeloj boji razlikuje od uobičajenih atraktivnijih zelenih primjeraka nefrita kakvi su češće analizirani. No treba naglasiti da nefritna tijela karakterizira nehomogenost zbog čega je moguće da uzorci iz istog izvorišta imaju različit kemijski sastav. Na području Hrvatske nije poznat lokalitet na kojem je dokazana

prisutnost nefrita, te je logična pretpostavka da je nefrit “uvezen”. Jedan od mogućih izvora je Poljska u kojoj se nalaze dva važna izvorišta nefrita, a to su Jordanow, s tremolitnim nefritom, i Zloty Stok, s aktinolitnim nefritom (Gil 2013). Navedeni autor pretpostavlja da nefritni artefakti pronađeni na području Poljske, Švicarske, Italije i Bugarske potiču iz Poljske. U prilog takvom porijeklu ide i pretpostavka da i nefritna tesla pronađena na lokalitetu Balatonőszöd – Temetői u okolici Blatnog jezera, što je relativno blizu Debele šume, potječe iz Poljske (Péterdi et al. 2014).. Značajan broj nefritnih poliranih izrađevina pronađen je na području Balkana, što bi uz njegovu geološku građu s rasprostranjenim ofiolitnim stijenama moglo ukazivati na lokalno porijeklo tih izrađevina,

ali dosad nije pronađen odgovarajući potencijalni izvor (Kostov *et al.* 2012).

Na lokalitetu Stari Perkovci-Debela šuma, ne možemo govoriti o posebno izdvojenim radioničkim mjestima, ali određene proizvodne aktivnosti se mogu pretpostaviti, na što ukazuju poluproizvodi. Blokovi sirovina nisu uočeni, tako da je ona vjerojatno u već obrađenoj formi dopremana na samo nalazište, što se vjerojatno provodilo i iz praktičnih razloga. U tom smislu, svakako je naglasak stavljen na poluproizvode od riolitnog tufa. Radi se o čvrstim i tvrdim stijenama, zelenkasto-sive boje, finozrnatim, koje su bile pogodne za obradu lomljenjem i glačanjem. Vidljiva je i prisutnost vrlo mekih silita crvenkasto-smeđe boje, kao i bijelkasto-žutih sirovina,



Slika 4. Uzorak L-4866, nefrit.

koje vjerojatno pripadaju pješčenjacima i sitnozrnatim granitima. Od vrlo tvrdih stijena prisutna je uporaba tamnozele-nih rožnjaka, koji su obrađivani tehni-kama lomljenja i retuširanja, ali i glača-nja. Ovakve alatke su najoštećenije, što je vjerojatno posljedica karakteristike rožnjaka koji nije pogodan za ove vrste aktivnosti.

Bibliografija

Antolin, S. 2019. *Mineraloške, petrološke, geokemijske analize kamenih artefakata s područja Stari Perkovci-Debela šuma*. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Burić 2000. Findings of Nephrite and Jade Axes on the territory of Croatia, *Krystalinikum*, 26: 39-43.

Burić, M., Balen, D., Težak-Gregl, T., Kurtanjek, D., Tibljaš D. 2004. A preliminary contribution to the petrography of the polished stone tools of Croatia. *Atti della Societa per la Praistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Trieste, XIV/2003*: 149-156,

Filipec, K., Šiša Vivek, M. 2007. „Redni broj 40: Stari Perkovci-Debela Šuma, *Hrvatski arheološki godišnjak 3/2006*: 69-71.

Filipec, K., Roksandić, D., Šiša Vivek, M., Karneluti, M. 2009. *Arheološke slike iz Baranje-arheološka istraživanja na trasi autoceste Beli Manastir-Osijek-Svilaj*, Zagreb, 2009.

Gil, G. 2013. Petrographic and microprobe study of nephrites from Lower Silesia (SW Poland). *Geological Quarterly* 2013, 57 (3): 395-404.

Kostov, R., Protochristov, C., Stoyanov, C., Csedreki, L., Simon, A., Szikszai, Z., Uzonyi, I., Gaydarska, B., Chapman, J. (2012). Micro-PIXE Geochemical Fingerprinting of Nephrite Neolithic Artifacts from Southwest Bulgaria. *Geoarchaeology* 27(5): 457-469.

Péterdi, B., Szakmány, G., Judik, K., Dobosi, G., Kasztovszky, Z., Szilágyi, V., Maróti, B., Bendó, Z., Gil, G.

(2014). Petrographic and geochemical investigation of a stone adze made of nephrite from the Balatonőszöd – Temetői dűlő site (Hungary), with a

review of the nephrite occurrences in Europe (especially in Switzerland and in the Bohemian Massif). *Geological Quarterly* 58(1): 181-192.

Rajković, D. 2019. *Glačane kamene izrađevine u životu starčevačke i sopotske populacije na prostoru Istočne Hrvatske.* Doktorska disertacija. Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

POLIHROMNO SLIKANJE U STARČEVAČKOJ KULTURI – VARIJACIJE U KONCEPTUALIZACIJI I IZVOĐENJU MOTIVA

Olga Bajčev
Arheološki institut, Beograd

Ključne reči: starčevačka kultura, slikana grnčarija, tehnika slikanja, polihromno slikanje, zajednice praksi

Uvod

Fenomen slikane grnčarije predstavlja zajedničku karakteristiku neolita jugoistočne Evrope. Na prostoru centralnog Balkana vezuje se za rani i srednji neolit (6200-5400 BC), odnosno za starčevačku kulturu. Slikana grnčarija pronađena je na najmanje 33 starčevačka nalazišta u Srbiji, ali je njena zastupljenost najčešće 1-2% (Nikolić 2005: 47), dok je veoma često reč samo o pojedinačnim nalazima.* Kao specifična tehnika linearnog slikanja izdvaja se polihromno slikanje, pod kojim se podrazumeva korišćenje dve ili više boja u slikanju motiva na jednoj posudi. U ovom radu biće razmotrene varijacije u konceptualizaciji i izvođenju motiva kod slikanja polihromnom tehnikom i implikacije tih varijacija za mehanizme prenošenja znanja u ovim zajednicama praksi. Rad je inspirisan studijom Gabrijele Kastro Gesner (2008) o tehnologiji učenja i praksama slikanja među zajednicama Halaf kulture (6. milenijum pre n. e.) u Mesopotamiji.

Uteložljeno znanje i tehnike slikanja

U svojoj studiji o slikanoj grnčariji Halaf kulture, Gabrijele Kastro Gesner slikanje posmatra kao uteložljeno znanje, koje se razvija kroz praksu i iskustvo (Castro Gessner 2008, 2010). Uteložljeno znanje razvija svaki pojedinac, ali je to stečeno znanje oblikovano prostorom, aktivnostima i društvenim kontekstom u kome se pojedinci nalaze (Castro Gessner 2008, 2010; Crown 1999). Savladavanje veštine slikanja grnčarije podrazumeva, s jedne strane, niz sposobnosti – planiranje celine ornamenta u odnosu na oblik i veličinu posude, veštinu manipulisanja posudom i četkicom tako da potez teče preko zakrivljenih zidova posude, veštinu pripremanja podloge i pigmenta tako da boja prijanja za podlogu, da ne curi i da se ne razliva. Sa druge strane zahteva poznavanje kolektivnog stila (Castro Gessner 2008, 2010).

Pojam tehnike slikanja grnčarije podrazumeva kombinaciju različitih aspekata: konceptualizaciju ornamenta (prethodno viđenje prostora i osmišljavanje ornamenta u odnosu na formu

* Na primer, sudeći prema objavljenoj građi, na nalazištima Ribnjak – Beček (Babović 1988: 89) i Zmajevac – Smederevska Palanka (Katunar 1988: 110) pronađen je samo jedan fragment slikane grnčarije.

posude, ali i druga kvalitativna svojstva, kao što je boja), vrste alatki, različito baratanje alatkom – gestikulaciju, odnosno tehničke gestove, različito korišćenje boje. Tako je tehnika slikanja, sa jedne strane, povezana sa veštinom slikanja kao utelovljenim znanjem. Tehnika slikanja, na primer, ima uticaj na držanje četkice – duge izvijene linije linearnog slikanja zahtevaće drugačije držanje četkice i tehničke gestove od kratkih raštrkanih poteza kapljičastog slikanja. Sa druge strane, budući da se veština slikanja i ovladavanje nekom tehnikom stiče kroz učenje, upravo od mehanizma prenošenja znanja u mnogome zavisi na koji način će se određeni postupci sprovoditi. Tako će način primenjivanja određene tehnike slikanja zavisiti od uslova prenošenja znanja, društvenih normi o tome šta je prihvatljivo i zahteva za određenim kolektivnim stilom (Castro Gessner 2008). Gabrijela Kastro Gesner (2008) je u pomenutoj studiji razvila metodologiju kojom je testirala koliko je okruženje učenja bilo fleksibilno u smislu načina izvođenja ornamenta. U razvijanju ove metodologije oslanjala se na koncept *chaîne opératoire*, koji koristi za razmatranje samo jednog koraka u kompleksnom procesu izrade grnčarije – postupak slikanja. Koncept *chaîne opératoire* pomogao joj je da sam postupak slikanja razloži na pod-korake, čak i pojedinačne gestove. Time je htela da istraži da li je postojao „struktuurani način“ ili prethodno propisan redosled kojim potezi moraju da se izvode kako bi se dobila određena klasa ornamenata (Castro Gessner 2008: 42 i dalje; Castro Gessner 2010, 108). Na primer – da li se učenjem prenose samo pravila o tome kako ornament treba da izgleda ili i način kako se

on izvodi, u smislu redosleda poteza. U tom cilju analizirala je redosled preklapanja linija na ornamentima, kako bi videla da li su isti motivi uvek slikani na isti način (Castro Gessner 2008).

Oslanjajući se na teorijske osnove i metodologiju iz prethodno navedene studije, u ovom radu ispitaćemo, sa jedne strane, kolika je varijabilnost konceptualizacije samih ornamenata, u smislu planiranja, organizacije prostora i korišćenja boja, a sa druge strane kolika je varijabilnost u redosledu poteza pri izvođenju ornamenta.

Polihromno slikanje u starčevačkoj kulturi

Polihromno slikanje je specifičan vid linearnog slikanja, kod koga se pri slikanju jedne posude koriste dve ili više boja. Izdvojeno je kao specifična pod-tehnika linearnog slikanja jer podrazumeva dodatna znanja, kako tehnološka, tako i konceptualna. Ako su grnčari nameravali da koriste dva pigmenta za slikanje jedne posude, morali su da poznaju njihovo ponašanje pri pečenju, jer neki pigmenti mogu dati različitu boju u zavisnosti od uslova pečenja. Samim tim morali su da usklađuju proces pečenja sa karakteristikama pigmenata i vizuelnim efektom koji su želeli da postignu.

Polihromno slikanje zastupljeno je na četiri nalazišta u Srbiji: Starčevo-Grad (Arandjelović-Garašanin 1954; Bajčev 2020), Crnokalačka Bara (Dimitrijević 1974: T. IX/5; Tasić, Tomić 1969: 24, 25), Krstićeva Humka (Радишић 1968: 110) i Golokut-Vizić (Petrović 2009: 8, sl. 2). Ova nalazišta datuju se u razvijenu fazu starčevačke kulture,

* Kao polihromno oslikana posuda u literaturi se navodi i pehar sa nalazišta Tečić kod Rekovca (Галовић 1962: 33; Dimitrijević 1974: T.VII /9), međutim, nakon detaljnije analize ovog pehara zaključila sam da u ovom slučaju nije reč o polihromnom slikanju (Байчев, у припреми).

odnosno u srednji neolit. Tehnika polihromnog slikanja nije primenjivana na nalazištima opredeljenim u rani neolit, odnosno pre 6000 BC.

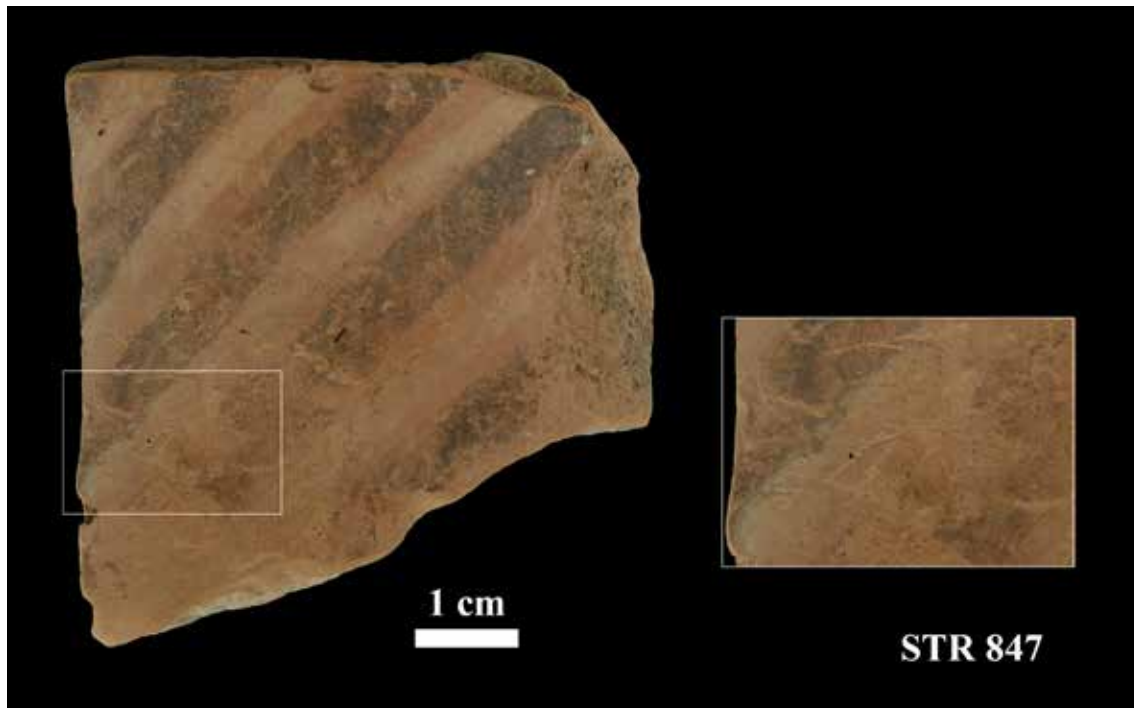
Ovo istraživanje zasniva se na makroskopskoj analizi fragmenata sa nalazišta Starčevo-Grad i analizi objavljenih podataka i ilustracija sa ostala tri nalazišta. Na nalazištu Starčevo-Grad identifikovano je osam posuda oslikanih polihromnom tehnikom. Kod dve posude korišćena je crna i bela boja, a kod šest posuda tamno smeđa i bela. Na šest posuda boje su kombinovane na isti način – tamno smeđom bojom su slikane široke pruge, a belom njihove tanke ivice. Na svim ovim posudama oslikani su krivolinijski motivi, verovatno spirale. Na pet posuda mogao je da se vidi

redosled slikanja i kod svih posuda je isti – prvo su slikane široke smeđe pruge koje su potom obrubljene belom bojom. Dakle ivične linije nisu korišćene kao konture koje su popunjavane, nego su njima obrubljivane ivice prethodno oslikanih širokih pruga. Na posudi STR 848 se čak vidi kako je belom linijom korigovana inače nepravilna ivica smeđe pruge (Slika 4 93). Pretpostavljam da su pri slikanju korišćene bar dve četkice različite debljine - jedna široka za široke tamne pruge (maksimalne širine oko 1-1,5 cm) i jedna uska za rubne linije (širine oko 2 mm [STR 848] ili 4 mm [STR 850]).

Posuda STR 849 predstavlja varijaciju ovog motiva - uske linije bele boje formiraju konture širih lučnih crnih pruga, ali tako da se konture ne vide



Slika 1. Fragmenti grnčarije sa nalazišta Starčevo-Grad, oslikani tehnikom polihromnog slikanja, sa detaljima na kojima se vidi redosled slikanja tamno smeđom/crnim i belom bojom.



Slika 2. Fragment posude iz Starčeva oslikane tehnikom polihromnog slikanja, na kome su bela i tamno smeđa boja korišćene naizmenično u slikanju širokih pruga.

(Slika 4 93). Bele linije su oslikane prve, ali nisu ostavljene vidljive da ističu motiv, kao kod uobičajenog polihromnog slikanja. One su prekrivene crnom bojom tako da se njihova spoljašnja ivica koristi kao granica crnih pruga. Crna boja prelazi preko njih i one se naziru ispod. Ova posuda specifična je i po crnoj boji, koja je u ovakvom obliku registrovana samo na ovoj posudi. Površina crne boje je glatka i sjajna, ali izgleda da je nanet tanak sloj boje. Boja se ne ljuspa. Na prostoru premaza između pruga motiva ima fleka crne boje koja se stopila sa premazom. Crna boja je intenzivnija na crnim prugama ali smeđi premaz između njih kao da ima tamno sivu zavesu zbog tog tankog sloja crne boje, koja nije kontinuirano naneta na celu površinu međuprostora. Nije jasno da li su tragovi te crne boje posledica namernog tretiranja bojom ovog međuprostora, ili posledica nepažljivog/neveštog slikanja.

Posuda STR 847 predstavlja usamljeni primer drugačije konceptu-

alizacije motiva i korišćenja boja (Slika 4 94). Naime, na spoljašnjoj površini naizmenično se smenjuju bele i smeđe kose pruge. Pretpostavljam da su prvo povučene smeđe pruge, pošto bele na nekoliko mesta prelaze preko smeđih. U ovom slučaju bela boja nije korišćena kao sekundarna za isticanje tamnog motiva, nego su obe boje imale podjednaku funkciju u ornamentu koji se zasniva na smenjivanju istog motiva, ali različite boje.

Polihromno slikanje je zastupljeno još na tri nalazišta u Srbiji: Crnokalačka Bara, Krstićeva Humka i Golokut-Vizić. Na sva tri nalazišta tamna boja je korišćena za glavni motiv a bela za konture, kao kod većine posuda iz Starčeva. Na lokalitetu Krstićeva humka polihromija je konstatovana na dva fragmenta iste posude na kojima su dva polja obojena mrkom ili crvenom bojom, međusobno razdvojena ivičnom linijom širine 0,5 cm, izvedenom belom bojom

(Радишић 1968: 110). Sa lokaliteta Crnokalačka Bara potiču dva fragmenta ukrašena spiralnim ornamentom izvedenim tamno smeđom bojom, dok se bela boja koristi kao bordura tamnih linija (Dimitrijević 1974: T. IX/5; Tasić, Tomić 1969: 24, 25). Iz Golokuta potiče pehar na kome je motiv meandra oslikan tamno smeđom bojom „kombinovan sa vertikalnim trakama i tragovima bele boje“ (Petrović 2009: 8, sl. 2). Iz navedenog opisa ne može se zaključiti na koji način je bela boja kombinovana sa tamno smeđim motivom. Na Golokutu je pronađen i jedan fragment oboda, kod koga je polihromno slikanje izvedeno u najzastupljenijem maniru - tamna boja je korišćena za glavni krivolinijski motiv, a bela za konture (Sonda 50, kat. br. 2; Petrović 2009: 21). Na osnovu objavljene fotografije (Petrović 2009: 21), može se pretpostaviti da je redosled poteza bio isti kao na većini posuda iz Starčeva - da su prvo oslikane tamne široke pruge, a potom uske rubne linije. Za primerke sa drugih nalazišta nije bilo moguće utvrditi redosled poteza na osnovu objavljenih ilustracija.

Zaključna razmatranja

Polihromno slikanje je veoma retko primenjena tehnika slikanja grnčarije u starčevačkoj kulturi. Uglavnom je primenjivana na isti način – tamno smeđa/crna boja je korišćena za glavni motiv a bela za naglašavanje kontura. U većini slučajeva u ovoj tehnici su slikani krivolinijski motivi, verovatno spirale. Na većini posuda primenjen je isti redosled slikanja – prvo su naslikane tamne pruge koje su potom obrubljivane tankim belim linijama. Ova praksa načina korišćenja tamne i bele boje primenjuje se na svim nalazištima sa polihromnim slikanjem, a pomenuti redosled slikanja identifikovan je i u Starčevu i u Goloku-

tu. U slučaju posude STR 849 iz Starčeva, s obzirom da je reč o usamljenom primerku i u smislu konceptualizacije i izvođenja motiva, kao i u korišćenju specifičnog crnog pigmenta, moguće je da se radi o nekoj vrsti eksperimenta.

Na analiziranom uzorku uočene su sličnosti između naselja, kako u pojavnim stilu, tako i u izvođenju motiva. To nam može ukazati da su postojala određena pravila, ne samo o tome kako motivi treba da izgledaju, nego i na koji način treba da se oslikaju, koja su vešti majstori prenosili na šegrte. Po malom broju posuda sa drugačijim pojavnim stilom, konceptualizacijom i načinom izvođenja, možemo pretpostaviti da su u ovim zajednicama prakse ekperimenti i odstupanja od normi i ustaljene prakse bili dozvoljeni, ali ne i podsticani. Međutim, ove zaključke treba uzeti sa rezervom, imajući u vidu da je uzorak polihromno slikanih posuda veoma mali.

Zahvalnica: Želim da se zahvalim kolegi Andreju Staroviću na pruženoj prilici da analiziram slikanu grnčariju sa nalazišta Starčevo-Grad i svesrdnoj podršci u publikovanju rezultata istraživanja. Zahvaljujem se i kolegama Jasni Vuković i Slaviši Periću, koji su čitali rukopis i svojim komentarima doprineli kvalitetu rada. Sve greške i propusti su isključivo moji. Rad je rezultat rada na projektu OI 177020 Arheologija Srbije: kulturni identitet, integracioni faktori, tehnološki procesi i uloga centralnog Balkana u razvoju evropske praistorije, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

Bibliografija

Arandelović-Garašanin, D. 1954.

Starčevačka kultura. Ljubljana: Univerza v Ljubljani.

Байчев, О. 2020. *Сликана грнчарија раної и средњеї неолита централної Балкана – између сти́ла и њраксе.*

Необјављена докторска дисертација, Филозофски факултет Универзитета у Београду.

Байчев, О. у припреми. Нови поглед на пехар из Течића и специфичан стил полихромног сликања.

Babović, Lj. 1988. Ribnjak – Веќеј. In *The Neolithic of Serbia*, ed. D. Srejović, 89–90. Belgrade: The University of Belgrade Faculty of Philosophy Center for Archaeological Research.

Castro Gessner, A. G. 2008. *The Technology of Learning : Painting Practices of Early Mesopotamian Communities of the 6th Millennium, B. C.* Unpublished PhD Thesis, Graduate School of Binghamton University, State University of New York.

Castro Gessner, A. G. 2010. The Practice of Decorating Late Neolithic Pottery in Northern Mesopotamia. In *Agency and Identity in the Ancient Near East*, eds. S. R. Steadman & J. C. Ross. London, Oakville: Equinox Publishing Ltd. 99-116.

Crown, P. L. 1999. Socialization in American Southwest Pottery Decoration. In *Pottery and People: A Dynamic Interaction*, eds. J. M. Skibo & G. M. Feinman, 25–43. Salt Lake City: University of Utah Press.

Dimitrijević, S. 1974. Problem stupnjevanja starčevačke kulture s posebnim osvrtom na doprinos južnapanonskih nalazišta rešavanju ovih problema, *Materijali X*, 59–123. Beograd: Srpsko arheološko društvo, Gradski muzej Subotica.

Katunar, R. 1988. Zmajevac –

Smederevska Palanka. In *The Neolithic of Serbia – Archaeological Research 1948–1988*, ed. D. Srejović, 110–111. Belgrade: The University of Belgrade Faculty of Philosophy Center for Archaeological Research.

Nikolić, D. 2005. The Development of Pottery in the Middle Neolithic and Chronological Systems of the Starčevo Culture. *Гласник Српскої археолошкої друштва* 21: 45–70.

Petrović, J. 2009. Slikana keramika u naselju starčevačke kulture na Golokutu. *Rad Muzeja Vojvodine* 51: 7–22.

Радишић, Р. 1968. Ископавање на локалитету Крстићева хумка код Мужље. *Раг војвођанских музеја* 15-17: 109-120.

Tasić, N., Tomić, E. 1969. *Crnokalačka bara – naselje starčevačke i vinčanske kulture*, Kruševac: Narodni muzej.

CONSTRUCTING LATE ANTIQUE BARREL BRICK VAULTS WITHOUT FORMWORK ON THE TERRITORY OF TODAY'S SERBIA

Igor Bjelić

Institute of Archaeology, Belgrade

Keywords: building technique, Late Antique vaults, bricks, Serbia

Introduction

The use of wooden formworks has certainly been one of the basic principles in the techniques of constructing brick and mortar vaults throughout the centuries. The primary reason for the use of formworks is the fact that, during the construction, brick rows with too large an inclination angle may start sliding. This occurrence is especially conspicuous when the mortar of the vault is still in a liquid state. Therefore, the scientific and expert public is often under the impression that vaults cannot be made without the use of formworks.

Throughout the development of architecture, special forms of building processes can be noted in which formworks had obviously not been used. This paper will deal with first such examples on the territory of Serbia, in the form of the simplest barrel vaults and a similar, conoid type of vaults. When it comes to barrel vaults, the centre of the curvature is stretching along the same horizontal line, and the radius of the curvature has a constant value. When it comes to conoid vaults, aside from the fact that the centre can be stretching along a line with a certain slope, there is also a decrease of the radius of the curve toward one end of the vault.

The stability of the vault is an essential problem during the construction.

When it comes to vaults and arches, the greatest problem with their stability is the transfer of their own load and the load of the mass above them onto sufficiently stable supports. During the construction of vaults, there is also the question of stability of unfinished structures, and the load is usually transferred onto wooden formworks.

Vaulting techniques without formwork

However, one of the more specific manners of constructing vaults is the one without the use of formworks. In all types of vaults, the need for a wooden formwork depends on the manner in which bricks are placed within the surface of the vault. Auguste Choisy was one of the first to notice this circumstance in barrel vaults, providing adequate illustrations of building techniques (Karydis 2012: 7–8, Choisy 1883: 21–48).

The first type of building pitched bricks vaults had been known in Egypt and Mesopotamia in the 3rd millennium BC (Lancaster 2015: 39–40). Barrel and conoid vaults made in this technique were formed from brick rows leaning at an angle, with every following row leaning onto the previous one (Fig. 1a). A series of these rows forms the curved surfaces of the barrel type of vaults. In

order to achieve this type of slope, it is necessary to form a safe support for the first row of the vault which is being built. Most commonly, the support for the first row is a front wall, which closes the transverse diaphragm arch (barrel opening) of the vault, i.e. the lunette, and in some cases the walls between the first leaning row and the diaphragm.

Built arches and vaults appear on the territory of today's Serbia for the first time during the period of the Roman dominion. In terms of the history of architecture, it was Miroslav Jeremić who studied built Roman vaults made

them could have been used as a useful surface.

The method of building by arranging rows of bricks under a constant inclination angle is present in the conoid and barrel vaults of the Hippodrome of *Sirmium* (Jeremić 2016, 248-252, fig. 180) (Fig. 1b). The Hippodrome originates from the second or the third quarter of the 4th century (Поповић, Ochenschlager 1976: 64). In the area of the turning point of the Hippodrome of *Sirmium*, more specifically, under the seating tiers there, conoid vaults were

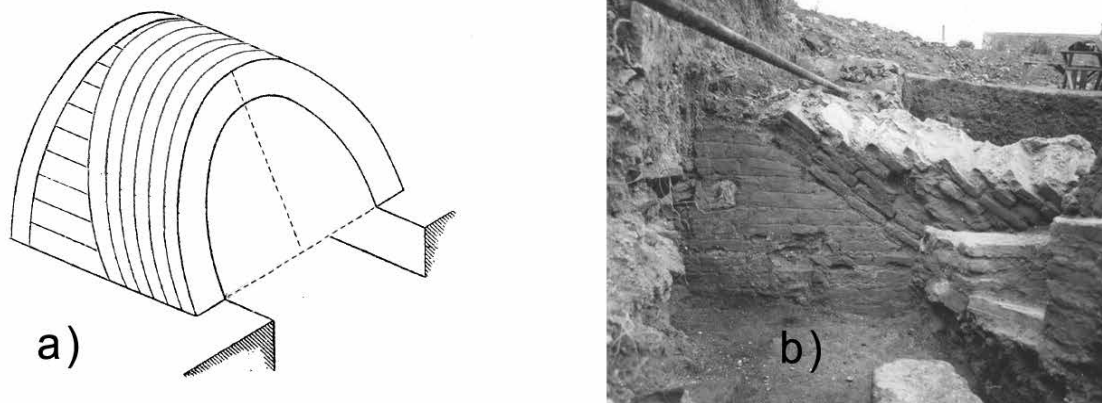


Fig. 1 a) A method of building barrel vaults with rows leaning at an angle (Choisy 1883, fig. 42); b) Remains of conoid vaults of the Hippodrome of *Sirmium* built with brick rows leaning at an angle (photo by N. Borić, according to M. Jeremić 2016, 180).

without formwork (Jeremić 2006). Certain segments of his work dealing with the topic of barrel vaults can be supplemented today. Namely, in the work of M. Jeremić there is only one example listed of barrel vaults built with this technique, and it comes from the 6th century – the example of the drainage sewer system from Caričin Grad (Jeremić 2006: Fig. 9). The building of the canal wasn't demanding in itself, since constructions of this type did not require large spans. Here, however, we will describe an older example instead, where the spans of the vaults were such that the area under

made, while barrel inclined vaults were constructed under the seating tiers which were in parallel with the axis of the Hippodrome. The spans of the barrel and conoid vaults above them vary from 2.30 m to 4.00 m (Jeremić 2016: 249).

The other type of building technique for barrel vaults without temporary formworks comprehended a slightly more complex geometrical approach in arranging brick rows. Essentially, two different manners of arranging brick rows would be alternated (Fig. 2a). The first of them was the usual manner, in

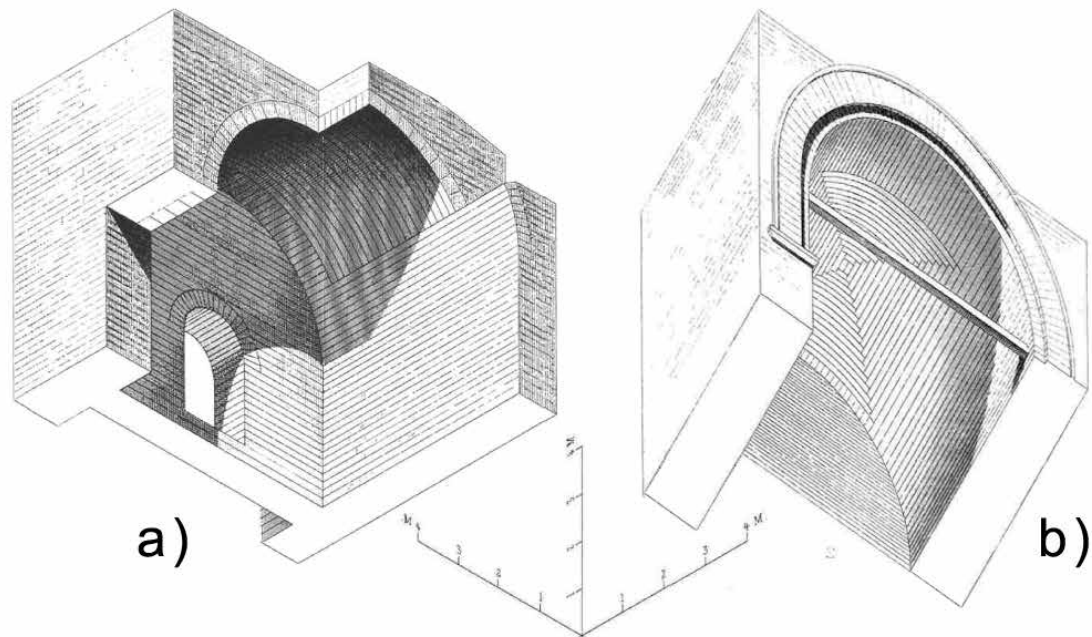


Fig. 2 a) The technique of building barrel vaults without formworks, with a combination of radial rows of bricks in the lower part and vertical rows in the upper part; b) A subtype of the previous type, where horizontal and vertical brick rows are combined in the upper part as well.

which the rows were laid radially, so that the bed joints of bricks would be on the radial line of the curvature of the arch, i.e. the vault. This method was applied in the lower part of the vault, which was closer to the support points. The other method was applied in the upper part of the vault – the brick surface was built in a manner similar to the previous one we described while reviewing the first type of technique of building vaults without formworks – with vertical rows within which every single brick was placed at a certain angle. With the set angle, every brick of the following vertical row would lean onto the bricks from the previous vertical row.

Many of the Late Antique vaults of this type were made precisely in the previously described manner – by applying one building technique in the lower part, and another one in the upper part of the vault (crown) (Lancaster: 40). However, within this type of building, one subtype of the mentioned

technique stands out, in which a slightly different combination of described techniques was used in the upper part; namely, the length of the vertical rows would gradually decrease from the protruding ends towards the top of the vault, from the end of the vault towards its centre. This subtype of this building technique has been initially registered on Byzantine monuments (Fig. 2b), but it is also present on older Roman monuments in Argos and Ephesus, from the 2nd and the 3rd century (Lancaster 2010: 456, Lancaster 2015: 39-69; Vitti 2013: 58, 60, 71) and on the triumphal Arch of Galerius in Thessaloniki (Lancaster 2015: Fig. 39).

On the territory of today's Serbia there is only one registered example of barrel vaults made with a combination of radial and vertical rows of bricks without using formwork. It is located in a Late Antiquity tomb intended for group burials, within the church yard of the Monastery of the Mother of God

in Hvosno (*Bogorodica Hvostanska / Studenica Hvostanska*) (Kopaň 1976: 34). Researches have unequivocally established that the medieval monastery had been built on an older Late Antique, i.e. Early Christian cult place (Kopaň 1976:

Conclusion

The appearance of barrel and conoid vaults for which building technique was used that didn't require formworks is so remarkable that it is

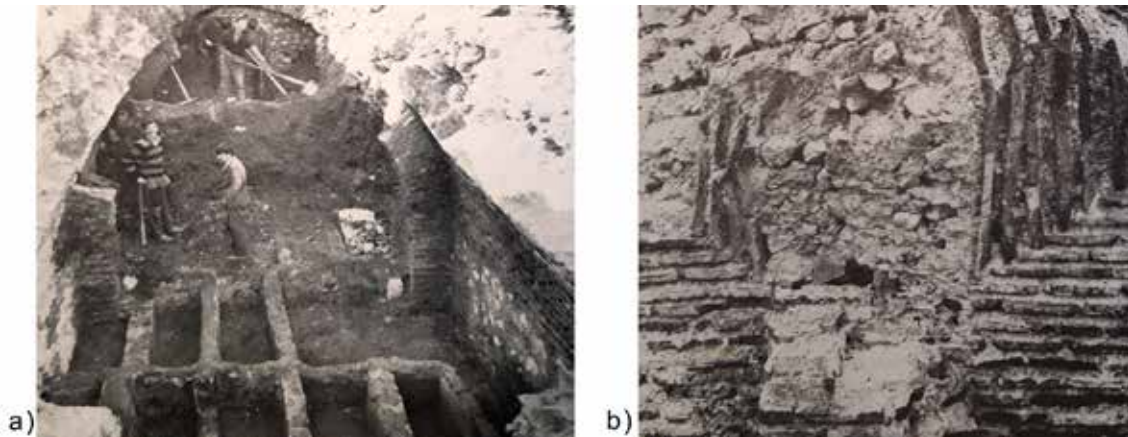


Fig. 3 a) A Late Antique tomb intended for group burials, discovered at the Monastery of the Mother of God in Hvosno (Kopaň 1976, Сл. 108); b) Remains of a supporting arch between two compartments in the central part of the grave construction; remains of the vaults' quoins are visible on the left and the right (Kopaň 1976, Сл. 110).

17). Even though the tomb was dated into the 6th century on the basis of the building technique, according to V. Korać, and based on Byzantine analogies, the date of construction can actually be changed to the previous century. Namely, Korać was unaware of the previously mentioned considerably earlier examples of this building technique for making vaults from cities of the Aegean Sea region. The burial method from this tomb is identical to examples noted so far in *Naissus*, *Viminacium* from the 4th or the 5th century (Мирковић 1954-1955: 53-54; Зотовић 1994: 62-63). According to examples uncovered so far, the building of the tomb at the Monastery of the Mother of God in Hvosno could be dated into the 5th century. The span of the barrel vaults within the grave construction is 4.40 m.

necessary to establish, in the first place, the reasons it appeared at all, or, more importantly, why it was used to such a limited extent. The territory of Serbia could hardly be described as lacking in wood material necessary for making formworks. This circumstance certainly explains the small number of examples of techniques for building vaults without the use of formworks, which comprehend the few examples of barrel vaults made in this manner. The reasons for opting to use this technique in places where it was registered were certainly of a different nature.

Aside from the expenses for the material (the amount of material, preparations and transfer) required to construct formworks for barrel and conoid vaults, skilful carpenters were necessary. Reasons for applying the building techniques we just described had been of predominantly economic nature, be-

cause a whole series of processes and unnecessary expenses would have been avoided that way. This specific building technique also guaranteed a greater speed of performing the construction, because, in this manner, the making and also disassembling of the formwork would have been avoided. A special quality of the technique described was its static reliability. Craftsmen of foreign provenance are the only possibility that can explain the appearance of the few, and thus exceptional examples of the building technique without formworks on the territory of Serbia. The technique of building barrel vaults without formworks in the Hippodrome complex in *Sirmium* is the first known example of these specific techniques, and it is certain that it was a part of the building activity initiated by Roman emperors. Namely, it is certain that the building of the monumental imperial Hippodrome in the vicinity of the imperial palace conditioned certain specific traits of the construction as well. One of them was the size of compartments under the seating tiers (with a 4 m span). In this sense, some of the prominent builders of monumental structures would also have had to be hired for the imperial Hippodrome, and the closest ones among the best were certainly those from the shores of the Aegean. According to their solutions, the load due to the pressure of the vault and construction above it was distributed on neighbouring walls as well, upon which sloping rows of the vaults were partially leaning.

The second example of barrel vaults comes from a somewhat later period. It can be found in an Early Christian tomb at the Monastery of the Mother of God of Hvosno. The span of the vault is almost identical to the one from the previous example, however, progress in building techniques for barrel vaults

can be seen in the manner in which the vault of this Early Christian tomb was made. The stability of the vault was provided through specific self-supportive vertical slices within this technique, which enabled them to avoid load transfer onto any of the neighbouring walls except for the ones that the vault was actually leaning onto in the lower part.

References

Choisy, A., 1883. *L'Art de bâtir chez les Byzantins*. Librairie de la Société Anonyme de Publications Périodiques, Paris 1883.

Jeremić, M., 2006. On Some Vaulting Techniques in the Territory of Serbia in the Late Roman Period, *Felix Romuliana - 50 years of Archaeological Excavation*, Papers of the International Conference, Zaječar, 27th -29th October 2003, Belgrade 2006: 83-93.

Jeremić, M., 2016. *Sirmium – grad na vodi: razvoj urbanizma i arhitekture od I do VI veka*, Beograd, Arheološki institut, 2016.

Karydis, N., 2012. Limiting the Use of Centering in Vaulted Construction: The Early Byzantine Churches of West Asia Minor. *Masons at work, Architecture and the Construction in the Premodern-Work*, (Ed: Ousterhout R., Renata Holod R., Haselberger L.), University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, October 2012.

Кораћ, В., 1976. *Студеница Хвосћанска*, Филозофски факултет, Београд, 1976.

Lancaster, L., 2010. Parthian Influence on Vaulting in Roman Greece? An Inquiry into Technological Exchange Under Hadrian, *American Journal of Archaeology*, Vol. 114, No. 3 (July 2010): 447-472.

Lancaster, L., 2015. Innovative vaulting in the architecture of the Roman empire: 1st to 4th centuries CE, Cambridge, 2015.

Мирковић, Л., 1954-1955. *Старохришћанска гробница у Нишу*, Старице V - VI (1954-1955), Београд: 53-54.

Osterhout, R., 2008. *Master builders of Byzantium*, University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, 2008

Поповић, В., Ochenschlager E., 1976. Касноцарски хиподром у Сирмијуму, Старице XXVI (1975), 1976: 57-70.

Vitti P. 2013. *Roman vaulted constructions in the imperial period, organization of the construction and dissemination of the building techniques in the Peloponnesse*. Doctorate of Philosophy, Thessaloniki, 2013.

Зотовић Љ., 1994. *Рано хришћанство у Виминацијуму кроз изворе и археолошке сџоменике*, Виминациум 8-9, Зборник народног музеја, Пожаревац, 1994: 62-63.

REKONSTRUKCIJA POSTUPKA PRŽENJA ŽELJEZNE RUDE: EKSPERIMENTALNI PRISTUP

Tena Karavidović
Institut za arheologiju, Zagreb
tenakaravidovic@gmail.com

Ključne riječi: prženje rude, proizvodnja željeza, eksperimentalna arheologija, XRD

Uvod

Pri arheološkim istraživanjima kasnoantičkih i ranosrednjovjekovnih lokaliteta Hlebine – Velike Hlebine (Sekelj Ivančan 2018) i Hlebine Dedanovice (Sekelj Ivančan 2019) na prostoru Podravine (SZ Hrvatska), na kojima su se odvijale aktivnosti vezane uz proizvodnju željeza, pronađeni su uzorci rude (Slika 1.) Iz dosadašnjih istraživanja^{*} utvrđeno je kako je područje Podravine pogodno za formaciju močvarnih željeznih ruda (Sekelj Ivančan i Marković 2017, Brenko *et al.* 2019); a u arheološkim razdobljima vjerojatno su iskorištavane močvarne željezne rude lokalnog podrijetla. Provedene mineraloške (XRD, X-ray powder diffraction)^{**} analize prikupljenih uzoraka ukazuju da su pojedini komadi rude s ova dva arheološka nalazišta, prethodno samom taljenju, mogli biti

termički obrađeni postupkom prženja. S tim u vezi važno je naglasiti da proces pripreme ruda za taljenje može podrazumijevati više postupaka (Pleiner 2000:106):

1. čišćenje rude od jalovine ispiranjem i/ili ručnim prebiranjem
2. sušenje i/ili postupak prženja.
3. usitnjavanje rude

U ovom radu u fokusu je postupak prženja rude koji podrazumijeva zagrijavanje rude na temperaturi od 200 °C do 800 °C uz pristup kisika (Cleere 1971: 208; Pleiner 2000: 107). Ova vrsta pirometalurške pripreme (oplemenjivanja) posebno je značajna za sve rude koje sadrže metalne spojeve neprikladne za direktnu redukciju do metala.^{***} Također, ovim procesom ruda gubi vlagu i mijenja strukturu, postaje poroznija što dodatno olakšava redukciju direktnim postupkom.

* Aktivnosti prezentirane u ovom radu odvijale su se u okviru znanstvenog istraživačkog projekta *TransFER - Proizvodnja željeza uz rijeku Dravu u antici i srednjem vijeku: stvaranje i transfer znanja, tehnologija i roba* (IP-06-2016-5047), kojeg financira Hrvatska zaklada za znanost.

** Mineraloška analiza provedena je na Rudarsko – geološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu a izveo ju je mag.geol. Tomislav Brenko. Podaci se nalaze u neobjavljenom izvješću napravljenom za potrebe projekta *TransFER* (Brenko 2018).

*** Tako se npr. sulfidne rude podvrgavaju prženju s namjerom da se metalni sulfidi, koji se ne mogu direktno reducirati u metal, prevedu u okside (oksidacijsko prženje). Istu svrhu ima i prženje karbonatnih ruda (kalcinacija), koje se primjenjuje za željezni karbonat. (HE 2003: 719 “pirometalurgija”)

Rezultati mineraloške analize uzoraka rude s lokaliteta Hlebine – Velike Hlebine (N 223, 242) ukazuje na heterogen sastav mineralnih faza u istom uzorku (getit i magnetit) dok se kod uzoraka s lokaliteta Hlebine – Dedanovice javlja hematit (U 45, 26, 71)

skopski vidljivog utjecaja pirometalurške pripreme na svojstva močvarne željezne rude korištene u eksperimentima te usporedba s arheološkim uzorcima i zapisima.



Slika. 1. Uzorak rude s lokaliteta Hlebine – Dedanovice (U 11/1b).

te hematit i magnetit (U 11) u jednom uzorku. Obzirom da su močvarne željezne rude najčešće oksidne i porozne što olakšava redukciju, proces prženja načelno nije tehnološki neophodan, no može pozitivno utjecati na karakteristike rude, postupak taljenja i krajnji proizvod. Cilj eksperimentalnog prženja ruda u ovom radu je rekonstrukcija postupaka u svrhu definiranja makro-

Eksperimentalno testiranje

U svrhu rekonstrukcije postupka prženja močvarne željezne rude testirane su dvije različite vrste konstrukcije ložišta, kao i različito vrijeme trajanja prženja. U oba eksperimenta korištena je močvarna željezna ruda s područja okruga Somogy, Republika Mađarska (Thiele i Kericsmár 2014). Ruda je u oba

* Ruda je prikupljena tijekom održavanja radionice The 11th Iron Smelting Workshop, voditelja dr. sc. Adam Thiele, održane u srpnju 2019. godine, Somogyfajsz, Republika

eksperimenta, neposredno po vađenju iz ležišta, isprana u obližnjem potoku te ručno očišćena od ostataka gline i pijeska u sloju te je u nepotpuno suhom stanju podvrgnuta postupku prženja. Tijekom eksperimenata mjerena je temperatura vatre s infracrvenim pirometrom na više položaja pri čemu je dokumentirana temperatura djelovanja vatre, kako na vanjsku stranu grumenja rude, tako i u unutrašnjosti ložišta. Kako bi se ustanovila razlika u težini sirove i pržene rude, odabrani ulomak i cjelokupna količina rude je izmjerena prije i nakon prženja. Postupak je dokumentiran fotografski i opisno.

Rekonstrukcija postupka prženja rude

U okviru provedenih eksperimenata testirane su dvije različite konstrukcije ložišta: stožasto i ono u obliku rešetke. U prvom eksperimentu testirano je prženje rude na stožastoj konstrukciji ložišta (Slika 2.A). Goreno je hrastovo pougljeno drvo (ulomci drva nepotpuno sagorjeli pri izradi ugljena). Kružna površina od oko 1 m promjera je očišćena od površinskog raslinja te je tlo zamazano glinom kako bi se izbjegao utjecaj vlage iz tla. Izgrađena je konstrukcija u obliku krnjeg stošca (dim. $P_1=60$ cm, $P_2=30$ cm, $V=40$ cm). Grumenje rude većih dimenzija je razlomljeno te su prženi ulomci veličina od 5 do 15 cm promjera. Ulomci rude su tijekom procesa promijenili boju, a promjene su se počele uočavati pola sata nakon početka zagrijavanja. Odlučeno je da je proces završen po izgaranju pougljenog drveta (nakon dva sata gorenja) nakon

čega je ruda razmaknuta i sklonjena s podloge. Tijekom postupka, uslijed izgaranja drveta, konstrukcija se relativno nepravilno urušavala te su ulomci rude s dna vanjskog ruba približeni središnjem dijelu konstrukcije. Utrošeno je ukupno 0.066 m³ pougljenog drva hrasta za prženje oko 40 kg rude. Težina ulomka koji je izmjeren prije i nakon prženje ukazala je da je ulomak izgubio na težini gotovo 40% (težina 1. = 122 g, težina 2. = 73 g). Pojedini ulomci su se uslijed zagrijavanja odlomili te usitnili na veličine ispod 1 cm. U drugom eksperimentalnom prženju ložište (Slika 2.B) je pripremljeno od suhих polovina i četvrti uzdužno rezanog drva jele s korom i od dasaka jelovine. Konstrukcija je slagana vertikalno u redovima, u vidu rešetke (dim. $\check{S} = 1$, $D = 1$ m, $V = 43$ cm), a ruda je polagana između redova drva. Konstrukcija je dodatno stožasto obložena suhim daskama te potpaljena uz pomoć suhog granja drva različite vrste. Veličine grumenja rude varirale su od kugličastih nakupina dimenzija ispod 2 cm do komada promjera od 5 do 15 cm. Ruda je već u ovom stadiju odvojena prema veličini te su veći komadi slagani u sredinu drvene konstrukcije ložišta, a manji uz rubove. Ložište je nakon potpale kontinuirano gorilo, a ruda je skupljena nakon što se ložište ohladilo. Urušavanje konstrukcije uslijed sagorjevanja drva bilo je jednolično i ravnomjerno na svim dijelovima ložišta. Ruda je pržena ukupno 6 sati kada je primjećeno jenjavanje vatre, no hlađenje je potrajalo do idućeg dana (ukupno 20 sati). Promjena boje rude primjećena je već nakon pola sata prženja. Utrošeno

Mađarska. Ovom prilikom se zahvaljujem na omogućavanju eksperimenta.

* Infracrveni pirometar marke Volcraft IR 2200- 50D postavljen na $\varepsilon = 0.83$

** Volumen je izračunat na temelju formule za volumen krnjeg stošca : $V = \pi v (R^2 + Rr + r^2)/3$. Radijus donjeg dijela (R) konstrukcije je bio oko 30 cm, gornjeg dijela (r) 15 cm, a visina 40 cm.

je između 0.43 m^3 i 0.45 m^3 suhog drva^{*} za prženje oko 60 kg sirove rude. Težina uzorka rude izmjerena je prije i nakon prženja te ukazuje da je ruda izgubila na težini 42% (težina 1. = 300 g, težina 2. = 175 g), što je moguće pripisati gubitku vode. Pojedini ulomci su se uslijed prženja odlomili te usitnili na veličine ispod $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ pa ih se nije uspjelo skupiti po završetku postupka prženja (gotovo 3.3 kg pržene rude, 5.5% težine nepržene rude), odnosno iz 60 kg bilo je moguće prikupiti ukupno 31.5 kg pržene rude (52.5% ukupne težine nepržene rude).

Rezultati i analiza eksperimenta

Postupak prženja: utjecaj na karakteristike rude

Naznačajnija vidljiva promjena je u boji rude. Ulomci sirove rude bili su nejednolične boje koja je varirala od naračasto – smeđe, žućkasto - oker - smeđe i crvenkaste. Kao posljedica prženja površinska boja ulomaka se izmjenila u žuto – crvenkasto, blijedo i intenzivno crveno, smeđe - crno – plavičasto u oba eksperimenta (Slika 3). Razlika u konzistenciji rude je također bila površinski vidljiva i osjetna prilikom usitnjavanja, ulomci su bili porozniji te lakše lomljivi. Razlike u boji odraz su sastava rude i uvjeta pod kojima je pržena, u prvom redu temperature i vremena trajanja postupka. Kod prženja rude na ložištu složenom u obliku stošca maksimalni raspon temperature između svih mjerenih položaja kroz cijelo vrijeme trajanja procesa je između 173 i 891 °C. Temperaturni režim tijekom trajanja procesa pokazuje sličan opći trend kod svih po-

ložaja (Slika 4.A), no moguće je uočiti veće temperaturne razlike na različitim položajima. Najviše temperature su zabilježene u unutrašnjosti vatre gdje su se kretale od 701 do 895 °C, prosječno 811 – 812 °C (položaj 4.1. i 4.2.), dok su na istim položajima, ali s vanjske strane površine rude, istovremeno zabilježene temperature između 134 i 313 °C (položaj 2. i 3.), prosječno između 200 i 216°C. Velike temperaturne razlike djelovanja na pojedine ulomke rude rezultirale su nepotpunim i nejednoličnim prženjem na što bi upućivala i jasno vidljiva razlika u boji u presjeku uzorka rude (Slika 3.B). Kod eksperimentalnog prženja rude na konstrukciji u obliku rešetke, maksimalni raspon temperature između svih mjerenih položaja kroz cijelo vrijeme trajanja postupka sezao je između 299 i 1038 °C. Prosječne temperature po pojedinom položaju i prema vremenu trajanja kao i temperaturni režim tijekom trajanja procesa pokazuje sličan opći trend kod svih položaja (Slika 4.B). Nakon što se stabilizirala vatra, u prvih sat vremena gorenja, temperaturni uvjeti na svim položajima nisu varirali značajno te su se kretali od 300 do 620 °C, u prosjeku između oko 500 i 650 °C. Jednoličan trend na svim izmjerenim područjima ložišta (unutrašnjost i vanjski rubovi) tijekom cijelog trajanja postupka, kao i pravilnije urušavanje konstrukcije, ukazuje na ravnomjerniji utjecaj topline na rudu naspram drugačijeg tipa konstrukcije ložišta poput stošca, što se ogleda i u ujednačenijoj boji grumenja (Slika 4C).

Postignute temperature, ali i boje rude, ukazuju da je tijekom oba

* Volumen je izračunat na osnovu formule za volumen pravokutnika: $V = \check{s} \times d \times v$.

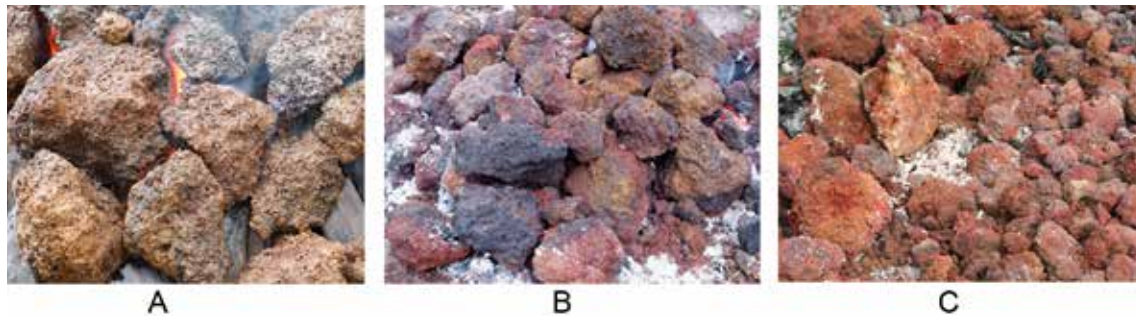
** „Pucanje“ ulomaka rude bilo je moguće čuti tijekom postupka. Ovakve „mikroeksplozije“ moguće je pripisati pritisku koji stvara voda u strukturi rude u trenutku u kojemu dosegne temperaturu vrenja (Pleiner 2000: 114).



Slika 2. Prženje rude A) Stožasta konstrukcija ložišta, eksperiment 1., B) Rešetkasta konstrukcija ložišta, eksperiment 2.

postupka močvarna željezna ruda (getit) pri zagrijavanju uz pristup kisika mogla prijeći u hematit ($2\text{FeO}\cdot\text{OH} + \text{toplina} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$) pri temperaturi od 300 do 500 °C na što bi ukazivali crvenkasti tonovi ulomaka. Daljnjim povećanjem temperature i pri redukcijskim uvjetima hematit se mogao reducirati u magnetit ($3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$), na što bi upućivala plavičasto - crna boja pojedinih ulomaka. Iako redukcijske uvjete ne treba očekivati na otvorenoj vatri, redukcijsku atmosferu teoretski je moguće mjestimično postići na otvorenoj vatri pri unutrašnjem dijelu ložišne konstrukcije. Kod pojedinih uzoraka iz prvog eksperimenta boja se mjestimično nije uopće promijenila naspram nepržene rude (getit), čemu je uzrok nedovoljna i neravnomjerno raspoređena toplina (ispod 300 – 500 °C) kakva je zabilježe-

na s vanjske strane ulomaka rude tijekom prženja. S druge strane, grumenje rude u drugom eksperimentu bilo je izloženo temperaturi iznad 300 °C tijekom procesa na svim položajima. Prženje na konstrukciji u obliku rešetke kao i dugotrajniji postupak s većim utroškom goriva optimalniji je način pirometalurške pripreme rude ako je cilj jednoličnije i potpunije pržena ruda. Ipak, u oba eksperimenta boja rude ukazuje na nejednolično prženje te je moguće očekivati heterogenost u mineralnim fazama u pojedinim uzorcima. Heterogen sastav mineralnih faza (getit i magnetit) uočen je kod uzoraka (N -233, 242) s arheoloških istraživanja lokaliteta Hlebina – Velike Hlebina te može svjedočiti o nejednoličnim temperaturnim uvjetima, sličnim provedenim eksperimentima. Da bi se postigao jednoličan sastav



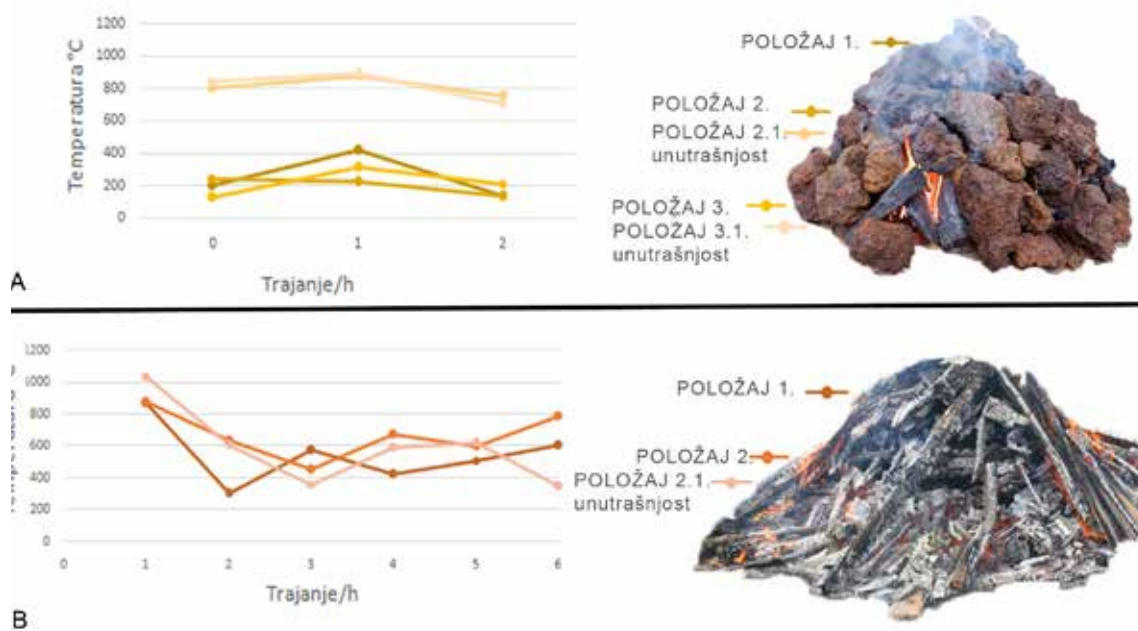
Slika 3. Močvarna željezna ruda A) nepržena B) pržena, eksperiment 1. C) pržena, eksperiment 2..

kakav je primjerice poznat s lokaliteta Hlebine – Dedanovice, postupak prženja trebao je teći u još ravnomjernijim temperaturnim uvjetima, moguće trajati duže a pozitivno bi utjecalo i sušenje rude prije prženja te razbijanje ulomaka na ujednačene dimenzije. Također, usitnjavanje rude prije prženja olakšalo bi sam postupak prženja obzirom da bi se time površina reakcije za proces oksidacije i/ili redukcije povećala te bi proces tekao ravnomjernije.

Tragovi prženja: usporedba s arheološkim zapisom

U svrhu usporedbe s arheološkim zapisom, nakon procesa prženja očišćen je prostor te su dokumentirani nastali tragovi. Tlo premazano glinom (promjera 1 m) nad kojim se pržilo u prvom eksperimentu se blago zapeklo, no jače zapečeni trag pravilnog oblika bio je vidljiv na dijelu gdje je gorjela vatra (složena stožasta konstrukcija) promjera cca 60 cm (Slika 5.C). Temperatura koja je djelovala na ovaj prostor bila je u prosjeku 811 – 812 °C (maksimalni raspon 701 – 891 °C) u trajanju od dva sata. U drugom eksperimentu tragovi zapečenog dna nisu bili jasno izraženi već je tlo bilo mjestimično i neravnomjerno zapečeno iako je temperatura djelovanja na tlo kratkoročno bila viša (maksimalni raspon temperature od

1038 °C do 357 °C) nego u prethodnom eksperimentu a postupak dugotrajniji (Slika 5.B). Potonje se u nekoj mjeri može objasniti uvjetima pripreme za prženje, gdje u slučaju rešetkaste konstrukcije podloga nije zamazana glinom, već je konstrukcija položena direktno na humus. Višestrukim prženjem na istom mjestu, tragovi bi vjerojatno bili jače izraženi. Nekoliko plitkih jama zapečenog dna, tlocrtno relativno pravilnog kružnog oblika istraženo je u okviru prostora talioničke radionice na lokalitetu Hlebine – Velike Hlebine (Sekelj Ivančan 2018; Sekelj Ivančan i Valent 2017), datiranom u vrijeme oko sredine 7. stoljeća. Pravilni kružni zapečeni otisak, ali i neravnomjerno zapečeni otisci nastali nakon prženja, u velikoj se mjeri mogu usporediti s arheološkim zapisom s lokaliteta Hlebine – Velike Hlebine te u tom smislu mogu upućivati da se unutar prostora radionice odvijala i pirometalurška priprema rude, postupak koji prethodi taljenju. Dimenzije istraženih jama sa zapečenim dnom ukazivale bi da je ložište bilo promjera između 1 i 2 m, odnosno da je na njima bilo moguće pržiti zasigurno između 40 i 80 kg rude, ali i veće količine. Utrošak drva prema dobivenim rezultatima na 1 kg nepržene mokre rude mogao je biti oko 0.007 m³ suhog jelinog drva, odnosno oko 0.001 m³ pougljenog hrastova drva.



Slika 4. Temperaturni režim prženja A) eksperiment 1. B) eksperiment 2..

Zaključna razmatranja

Redosljed postupaka vezanih uz proces proizvodnje spužvastog željeza u direktnoj je vezi s organizacijom rada, a način i razina pripreme rude može se odraziti i na uspješnost postupka taljenja, utrošak sirovina te kvalitetu dobivenog željeza. Utjecaj nepotpunog prženja na karakteristike rude i posljedično proces taljenja te kvalitetu krajnjeg proizvoda bilo bi moguće utvrditi sustavnim eksperimentalnim testiranjem različito pripremljene rude, te detaljnom mineraloškom i geokemijskom analizom uzorka rude, otpada i proizvoda taljenja koje su u tijeku.

Bibliografija

Brenko T., 2018. Godišnje Izvješće I., Izvješće za potrebe projekta TransFER (Institut za arheologiju), http://transfer.iarh.hr/images/Izvjestaj%20rezultati_Transfer.pdf. (14. 02. 2019)

Brenko, T., Borojević Šošćarić, S.,

Ružičić, S., Sekelj-Ivančan, T. 2019. Evidence for the formation of bog iron ore in soils of the Podravina region, NE Croatia: Geochemical and mineralogical study. *Quaternary International* (in press), <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.11.033>

Cleere, H. 1972. The classification of early iron smelting furnaces. *Antiquaries Journal* 52/2: 8-23.

Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Broj 5 (Hukm), str. 719, Zagreb 2003.

Pleiner R., 2000. Iron in archaeology, The European Bloomery Smelters, Archeologický ústav. AVČR, Prag.

Sekelj Ivančan, T., 2019. Arheološka istraživanja lokaliteta Hlebine – Dedanovice. *Annales Instituti Archaeologici* XV/1: 129-135.

Sekelj Ivančan, T. 2018. Nastavak istraživanja talioničke radionice i naselja na lokalitetu Hlebine–Velike Hlebine. *Annales Instituti Archaeologici* XIV: 65-71.

Sekelj Ivančan, T., Marković, T. 2017. The primary processing of iron in the



Slika 5. A) Plitka jama zapečenog dna (Hlebine – Velike Hlebine, SJ 104/90), B) Tragovi prženja rude (rešetkasta konstrukcija, eksperiment 1.) C) Tragovi prženja rude (stožasta konstrukcija, eksperiment 2)..

drava river basin during the late antiquity and the early middle ages – the source of raw materials. In: Vitezović S., Antonović D. (eds.): *Archaeotechnology studies: Raw material exploitation from prehistory to the Middle Ages*. Serbian Archaeological Society, Belgrade: 143-160.

Sekelj Ivančan, T., Valent, I., 2017. Ostaci talioničke radionice na lokalitetu Hlebine – Velike Hlebine / The remains of the smelting workshop at Hlebine - Velike Hlebine site. *Annales Instituti Archaeologici XIII*: 73-76.

Thiele, Á; Kerčsmár, Zs. 2014. A belső-somogyi gyevasérc telepek archeometallurgiai jelentősége és genetikája / Genetic types and archaeometallurgical role of bog iron ore deposits in Inner Somogy. *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat 147(1)*: 19-24.

OVEN DAUB PRESERVATION IN THE ARCHAEOLOGICAL RECORD – VINČA CULTURE SITES

Ana Đuričić

Laboratory for Bioarchaeology, Faculty of Philosophy, University of Belgrade

Keywords: Late Neolithic, oven, daub, experimental archaeology

Ovens are enclosed thermal structures typical for agricultural sedentary communities in the Middle East and Europe since the Neolithic Period. Ovens, as a part of the common inventory of the Vinča culture houses, are often found in the archaeological record. Every Vinča culture dwelling has at least one oven and usually more than one can be found in the same house. Sometimes, ovens are found in every room of the dwelling and even multiple ovens can be located in the same room (Bogdanović 1988: 55; Crnobrnja *et al.* 2009; Crnobrnja 2012).

Since the middle of the 20th century, an opinion that ovens served for bread baking, food preparation and heating has prevailed (Тодоровић, Цермановић 1961: 25; Венас 1971: 51; Todorović 1981: 15; Трипковић 2007: 95; Crnobrnja 2012: 62; Марић 2011: 78), even though some archeologists thought that ovens were used for pottery firing (Тодоровић, Цермановић 1961: 24, 25; Kaiser, Voytek 1983: 342).

Vinča culture ovens always consist of 3 main components – a base, floor(s), and a dome. In the majority of cases, potshard foundation can be found under the floors (figure 1). Usually ovens have multiple floors and sometimes multiple foundations. Up until today, only several fully preserved

ovens have been found at the Vinča culture sites (figure 2 a, b). Those examples show that domes were flattened at the top, but a possibility of fully rounded dome tops should not be excluded, as some oven models represent ovens with rounded domes (Тасић 1959-1960: 19; Петровић 2001: 14, 15). Oven base and dome were constructed from mud plaster and floors were made from clay, without any temper.

In the archaeological record, ovens are usually found at the floor level. *In situ* domes were found only in several cases, exclusively in well preserved houses destroyed by fire. There are number of factors which affect dome preservation in the archaeological record. The aim of this paper is to show how Vinča culture ovens looked like while they were in use and what can archaeologist expect to find in the archaeological record, based on the circumstances under which the house was abandoned. In this paper, data collected during the archaeological excavations and oven building experiments will be presented. The main focus will be on the oven building material – mud plaster and its properties.

Mud plaster

In the past, in the Serbian archaeological literature, terminology for oven building materials was not used consistently. It was previously mentioned that oven base and dome were built from mud plaster which is called daub in its dry form. The same material was sometimes defined as burnt soli (gorela zemlja). First, a distinction between daub and burnt soil should be made. Mud plaster (daub) is a mixture of a clay sediment and organic temper such as straw or chaff (Caron, Lynch 1988: 7), while burnt soil represents pure sediment that was exposed to fire. The fire transforms the soil into a red hard mass. Although it is hard to distinguish these two materials solely based on the descriptions in the published literature when photographs are not provided, it is easy to distinguish them in the archaeological record.

Archaeological record

Probably the most significant example is the oven 02/06 from the house 01/06 from the site of Vinča – Belo Brdo. The house was destroyed in a fire, it had 3 rooms and the oven 02/06 was located in the middle room (Тасић *u gp.* 2007). It was almost fully preserved, and it represents the only fully preserved, excavated and thoroughly documented Vinča culture oven. It was partially excavated in the year of 2015. This oven had a dome with a flattened top, 3 floors (some of which had potshard foundations) and a well-constructed base. Floors were made from pure clay, while the dome and the rim of the base were made from mud plaster. The upper part of the dome was detected as a red burnt daub, while the lower dome part was light brown and humid, with black

carbonized zones (figure 3). The black patches could have been a result of a contact with the organic material, as the storage compartment was located next to the oven (Тасић *u gp.* 2007). Based on the fact that daub was different in color and the humidity level differed in the upper and in the lower parts of the dome, it was concluded that the intensity of the fire was not the same in all house parts.

In order to identify the fire intensity, it is possible to look at the daube color. A chaff tempered mudbricks heating experiment was conducted in the controlled laboratory conditions. Mudbricks of the same clay-chaff ratio were modeled and fired in the laboratory furnaces on the temperatures from 400 to 800 °C in oxidized and reduced conditions. The experiment results have shown that the light orange surface color appears when the mudbrick is exposed to the temperature of 700 °C, while the intense red surface color appears when the mudbrick is exposed to the temperature higher than 800 °C in oxidized conditions. Mudbricks that were exposed to the temperature lower than 600 °C were light brown in color (Forget *et al.* 2015). Based on the fact that the composition of the experimental mudbricks was the same as the oven daub composition, it is possible to conclude that temperature of the fire in which the house was destroyed, and which affected the upper part of the oven, was higher than 800 °C, but that the temperature of the fire at the base of the oven was lower than 600 °C. This further implies, that the fire temperature was not identical in all house parts, probably depending on the house inventory and house collapse pattern.

Experimental ovens

During the years of 2012 (figure 4) and 2015. (figure 5), two Vinča culture oven building experiments were conducted. Two different building techniques were applied, but both ovens were made from the same materials. Mud plaster was used for base and the dome construction, floors were made from pure clay, and potshards were used for the foundation under the floors. Even though the mud plaster, while wet has a substantial level of plasticity and can easily be modeled, when dry it becomes hard and stable, like the walls of wattle and daub houses. The oven from 2015. was not used for a long period of time, but the oven from the 2012. was used periodically during the period of 6 years. After the frequent usage, experimental oven walls were light brown from the outside, with black sooting above the oven opening (figures 6 and 7). The sooting was superficial. The dome interior upper part was light brown with black sooting marks. The smoke that the fire produces, goes to the upper part of the dome and comes out along the upper part of the oven opening, leaving the sooting marks both in the interior dome upper part, and along the exterior upper side of the opening. The lower portion of the dome interior was reddish in color, as it was either in the direct contact with the embers, or in its close vicinity (figure 8). The embers release temperature higher than 600 °C, which explains the daub coloring. The fact that the outer surface was light brown in the lower parts, confirms that the reddish coloring of the interior surface was superficial. Oven floor was light brown and reddish with greyish ash remains (figure 9). The experimental oven floor color is lighter in color, than the original oven floors were, which implies, that

the Vinča culture ovens were used extremely frequently.

Preservation

As it is shown, the oven 02/06 from Vinča, and the experimental oven show evidence that, while in use, ovens were from dry, not burnt daub. The evidence from the experiment shows that only the interior lower portion of the dome is light reddish in color. Being exposed to the temperatures higher than 600 °C, lower interior dome parts and floor are the only oven parts that can always be preserved in the archaeological record, even when the house they were located in was not destroyed by fire. But, as the coloring of the interior part of the dome is superficial, and extremely thin, its preservation cannot be always guaranteed. So, as the dome was made from dry daub, which deteriorates with time, just like the house walls of an unburnt house deteriorate, its preservation in those conditions is almost impossible. Oven clay floors, with or without potshard foundation, are the only oven part that can be preserved in all houses, with no regard of the way of its destruction. Contact with embers transform them into extremely hard red clay material, and because they are several centimeters thick, they can withstand the post-depositional processes, just like the pottery vessels. So, even when the unburnt oven dome perishes, the oven floor remains. In order for dome to transform into burnt daub, it is necessary for the house to be destroyed by fire. The color, texture and the level of dome preservation depend on the fire temperature. If the house burns in fire which temperature is higher than 800 °C, house walls, oven dome and other fixed house inventory made from mud plaster, have better

chances for preservation, as such daub is extremely hard and solid. But, even if the house is destroyed by fire, there are problems. During the house destruction, oven dome can collapse under the pressure of the house rubble (walls and roof), which falls on top of it. In those cases, oven dome fragments can be mixed with the rest of the house rubble, and become hardly distinguishable, as they are made from the same material (Đuričić 2014).

Conclusion

What can we expect to find in the archaeological record? One thing that the archaeologists can always count on finding in the archaeological record is the oven floor(s). But, the preservation of the oven dome depends on numerous factors, especially its preservation in the primary deposition. In an unburnt house, oven dome preservation is almost impossible, while its preservation in the houses destroyed by fire depends on the fire temperature and the house destruction pattern. It is extremely important to examine every daub fragment and distinguish building techniques documented on the daub fragments, its shape, and size, presence or absence of wooden construction. Those categories can be useful in distinguishing house wall parts from oven dome parts, or

even fragments deriving from other architectural elements.

The fact that ovens were from dry, not burnt daub while they were in use, sheds light on some other aspects, such as function. Numerous food preparation, especially bread baking, experiments were successfully conducted in the experimental oven, which confirmed their role in the food production process. But some archaeologist assumed that ovens were also used for pottery firing (Тодоровић, Цермановић 1961: 24, 25; Kaiser, Voytek 1983: 342). The oven dome color suggests that the oven temperature did not exceed 600°C, and the Vinča culture pottery was fired on the temperatures between 600 and 800°C, which implies that, in order for pottery to be fired, the fire temperature inside the oven has to be in this temperature range. The temperature above 600 °C was localized only in the lower oven parts – floor and dome, and came from the smoldering embers, not burning fire. If the oven was used for pottery firing on these high temperatures, the entire dome surface would have been transformed into the red burnt hard daub which was not the case. So, with a high degree of certainty, it can be said that ovens were used for food production and house heating, not for pottery firing.

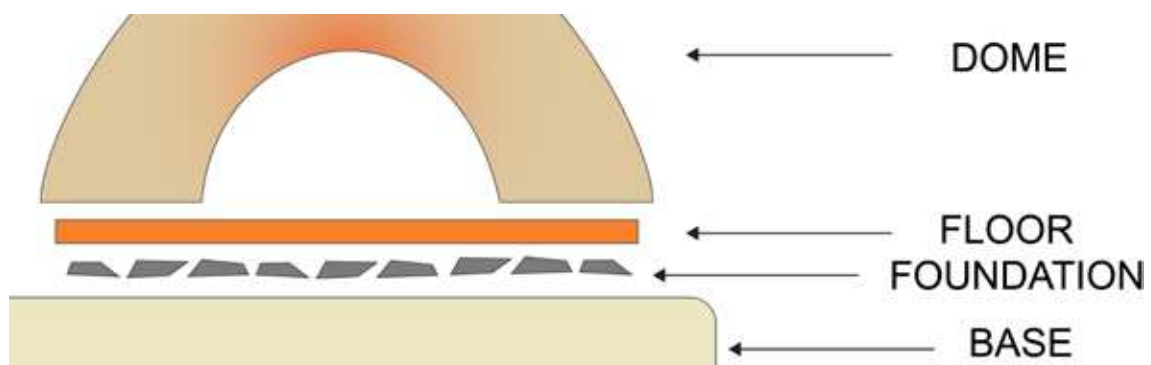


Fig. 1 – Vinča culture oven parts



Fig 2a – “House number two from 1911.” with three ovens from the site of Vinča – Belo Brdo
Fig. 2b – Oven from the “House number two from 1911.” from the site of Vinča – Belo Brdo



Fig. 3 – Outer dome surface – oven 02/06 from the site of Vinča – Belo Brdo



Fig. 4 – Experimental oven from 2012.



Fig. 5 – Experimental oven from 2015.



Fig. 6 – Experimental oven from 2012. after several years of usage (front)



Fig. 7 – Experimental oven from 2012. after several years of usage (back)



Fig. 8 – Experimental oven from 2012. after several years of usage (interior)



Fig. 9 – Experimental oven from 2012. after several years of usage (floor)

References

- Benac, A. 1971.** Obre II. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Sarajevu* 26.
- Bogdanović, M. 1988.** Architectural and Structural Features at Divostin. McPheron, A and Srejović, D. (eds.): *Divostin and the Neolithic of Central Serbia*, *Ethnology Monographs* 10: 35–142. Pittsburgh: University of Pittsburgh – Department of Archaeology.
- Caron, P. and Lynch, M. F. 1988.** Making mud plaster. *APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology* 20(4): 7-9.
- Crnobrnja, A. 2012.** Investigations of Late Vinča House 1/2010 at Crkvine in Stubline. *Starinar* LXII: 45-64.
- Crnobrnja, A., Simić, Z. and Janković, M. 2009.** Late Vinča culture settlement at Crkvine in Stubline. *Starinar* LIX: 9-25.
- Đuričić, A. 2014.** The Construction and Usage of the Neolithic Oven: Experimental Archaeology, In: Antonović, D and Vitezović, S. (eds.): *Archaeotechnology: studying technology from prehistory to the Middle Ages: 257-277*. Belgrade: Srpsko arheološko društvo.
- Forget, M. C., Regev, L., Friesem, D. E. and Shahack-Gross, R. 2015.** Physical and mineralogical properties of experimentally heated chaff-tempered mud bricks: Implications for reconstruction of environmental factors influencing the appearance of mud bricks in archaeological conflagration events. *Journal of Archaeological Science: Reports* 2: 80-93.
- Kaiser, T. and Voytek, B. 1983.** Sedentism and economic change in the Balkan Neolithic. *Journal of Anthropological Archaeology* 2(4): 323-353.
- Марић, М. 2011.** Архитектура и идеална реконструкција објеката од лепа. *Колубара* 5: 69–83.
- Петровић, Б. 2001.** Модел неолитске пећи из Прогара, *Годишњак рада Београда* XLVII-XLVIII: 11-20.
- Тасић, Н. 1959-1960.** Завршна истраживања на праисторијском насељу код Валача, *Гласник Музеја Косова и Метохије* IV-V: 11-82.
- Тасић, Н. Н, Ђуричић, С, Лазаревић, Б. 2007.** Анализа конструкције жрвња из куће 01/06 у Винчи, *Гласник Српској археолошкој друштва* 23: 211-218.
- Todorović, J. 1981.** A recently discovered house in the late neolithic settlement of Banjica in Belgrade, *Archaeologia Iugoslavica* 18: 13-16.
- Тодоровић, Ј. Цермановић, А. 1961.** *Бањица – насеље винчанске културе*. Београд: Музеј града Београда.
- Трипковић, Б. 2007.** *Домаћинство и историја у касном неолиту*. Београд: Српско археолошко друштво.

EKSPERIMENTALNA ARHEOLOGIJA I ARHEOTEHNOLOGIJA

Milica Tapavički-Ilić
Arheološki institut, Beograd

Ključne reči: *eksperiment, arheologija, arheo-tehnologija, stari zanati, interpretacija*

Cilj ovog priloga je pre svega definisanje eksperimenta u arheologiji. S obzirom na to da je eksperiment nezabilazan deo interpretacije, svaki put kada postoji mogućnost da se interpretacija testira, to treba uraditi. Uslovi za izvođenje eksperimenta treba da budu rigorozni. Nakon toga, eksperiment će dati pozitivan ili negativan ishod. Pozitivan ishod verifikuje interpretaciju ili hipotezu, dok je negativan opovrgava i predstavlja početnu tačku za drugačije interpretacije.

Takođe, cilj priloga je da ukaže na suštinsku razliku između arheološkog eksperimenta i aktivnosti u okviru arheo-tehnologije ili tzv. starih zanata. Ne postoji oštra granica između arheološkog eksperimenta i arheo-tehnologije, tako da se ova dva pojma često greškom poistovećuju i upotrebljavaju kao sinonimi.

Na početku, potrebno je prikazati suštinu eksperimenta u okviru savremene arheologije, kao i njegovu potencijalnu ulogu u prihvatanju ili odbacivanju pojedinih interpretacija pokretnih i nepokretnih nalaza dobijenih arheološkim iskopavanjima (Reynolds 1998: 7).

Po Reynoldsovoj definiciji, arheološki (ali i svaki drugi) eksperiment je metoda kojom se, kroz pokušaje ili testiranja, dolazi do pouzdanog saznanja vezanog za polaznu hipotezu (Reynolds

1998: 8). Po Lesig-Velerovoj definiciji, arheološki eksperiment za cilj ima dobijanje dodatnih naučno relevantnih informacija (Lessig-Weller 2008: 131).

Arheološki eksperiment je metoda istraživanja sa priznatim i definisanim preduslovima, mogućnostima i ograničenjima (Jantzen 1994: 15). Eksperiment se može izvršiti u svakoj situaciji u kojoj tradicionalne arheološke metode, a koje odnedavno uključuju i metode prirodnih nauka, nisu u mogućnosti da obezbede dovoljno podataka ili kada podaci treba da budu preispitani.

Metodologija eksperimenta predstavlja izvođenje (sprovođenje), koje obiluje detaljima i relativno je složeno. Vršenje arheološkog eksperimenta počinje formulisanjem cilja. Eksperiment mora da poseduje smisao i svrhu. Prilikom formulisanja cilja, neophodno je eksperimentu dati naučnu relevantnost, što je svakako važan kriterijum prilikom evaluacije eksperimenta. Predstavljanje rezultata i njihovog odnosa prema polaznim stanovištima predstavlja kraj procesa (Lessig-Weller 2008: 131-132).

Cilj eksperimenta ne bi trebalo da bude testiranje hipoteze do krajnjih granica, već njeno dokazivanje ili opovrgavanje. Uslovi za njegovu relevantnost su takođe veoma specifični. Eksperiment mora da bude u skladu sa principima naučne discipline u okviru koje se sprovodi. U skladu sa tim, on treba da bude takav da može da se ponovi. Ek-

speriment je potrebno planirati tako da je moguće statistički obraditi rezultate, jer su u suprotnom oni subjektivni ili pristrasni (Reynolds 1998: 9).

Nakon što se eksperiment sprovede na osnovu ovih parametara, neophodno je direktno uporediti rezultat sa primarnim podatkom, na kojem se hipoteza zasniva. Ako poređenje bude pozitivno, hipoteza se može prihvatiti kao važeća. U suprotnom, hipoteza se odbacuje kao nevažeća, odnosno pogrešna. U slučaju da hipoteza mora da se odbaci kao pogrešna, fokusiranjem na primarne podatke tokom planiranja i izvođenja eksperimenta može se oformiti i ispitati alternativna hipoteza. Česti su slučajevi da već tokom izvođenja eksperimenta bude jasno da neće uspeti ako se neki parametar ne izmeni.

Kada eksperiment bude uspešno izveden na zadovoljavajući način, u okviru svih zadatih parametara, hipoteza će biti verifikovana i rezultat (ishod) će postati priznata činjenica. U okviru arheologije, eksperiment u ovom smislu ima značaj ako preispituje rezultate arheoloških iskopavanja i/ili istraživanja (Reynolds 1998: 10).

U kategoriju arheoloških eksperimenata spadaju, na primer, rekonstrukcije praistorijskih, antičkih i istorijskih građevina u razmeri 1:1. Izgradnja preciznih građevinskih replika podrazumeva prethodnu izradu alata iz odgovarajućeg perioda, a koje opet prethodno moraju da budu testirane u vezi sa njihovim dejstvom i efikasnošću.

Pod arheološkim eksperimen-tima se podrazumevaju i tzv. simulacije. Pojednostavljeno, cilj simulacije je da omogući bolju spoznaju i shvatanje elementa zatečenih u okviru arheoloških konteksta. Na osnovu zatečenog tj. arheološki iskopanog stanja, istraživač rekonstruiše prvobitno stanje, a zatim

prati proces promene i raspadanja, sve dok oni ne dovedu do (arheološki) zatečenog stanja. Ovakvi eksperimenti su po pravilu dugotrajni. Primer bi bio kopanje rovova i praćenje njihovog ispunjavanja i nestajanja. Simulacije ove vrste služe da se objasne pre svega nepokretni arheološki nalazi, kao rovovi, jame ili urušeni zidovi, ali i grobovi. U takve spada eksperiment rimske kremacije, izveden 2013. godine na Viminacijumu (Tapavički-Ilić, Mrđić 2014; Tapavički-Ilić, Mrđić 2015).

Kako je napred navedeno, uspešno izveden eksperiment postaje važan deo interpretacije.

Cilj priloga je takođe da ukaže na suštinsku razliku između arheološkog eksperimenta i aktivnosti u okviru arheo-tehnologije ili tzv. starih zanata. S obzirom da ne postoji jasna granica između arheološkog eksperimenta i arheo-tehnologije, ova dva pojma se često greškom poistovećuju i upotrebljavaju kao sinonimi.

Osnovna razlika između eksperimenta i arheo tehnološkog postupka jeste u njihovom ishodu. Ishod eksperimenta je do samog kraja neizvestan i često nepoznat, dok je ishod arheo-tehnološkog postupka u najvećoj meri izvestan i poznat.

Neosporno, prilikom sprovođenja arheoloških eksperimenata, često je preporučljivo uključiti upravo ljude koji već imaju obimno iskustvo u primeni starih zanatskih tehnologija. Svojim znanjem, oni mogu znatno da utiču na pozitivan ishod različitih postupaka. Izrađivanje vrhova strelica od sileksa predstavlja iskustvo i znači da je onaj ko je takav vrh strelice izradio, prethodno ovladao određenim tehnikama. To se isto može reći za izradu grnčarije, obradu drveta, metala ili kosti itd. Ako arheološki eksperiment uključuje neki od

ovih postupaka, njih će svakako umešnije i spretnije izvesti neko ko je tim postupkom prethodno ovladao.

Dalje, rezultati arheoloških eksperimenata najčešće nisu namenjeni širokoj publici, dok su arheo-tehnološki postupci vrlo pogodni za prikazivanje pred publikom, na primer, u arheološkim parkovima i muzejima na otvorenom. Stručnjaci koji se bave arheo-tehnologijom izrađuju replike po uzoru na originalne nalaze i angažovani su u oblasti praktičnog prenošenja znanja vezanog za arheološke činjenice i sadržaje. Ukratko, oni izučavaju stare tehnologije (zanate) i podučavaju istim (Lessig-Weller 2008: 132).

U vezi sa tim, jasno je da eksperimentalna arheologija, osim dobijanja naučnih činjenica, svoju svrhu ima i u tzv. „živoj arheologiji“ (engl. *living archaeology*). Živa arheologija je najviše prisutna u tzv. arheološkim muzejima na otvorenom (engl. *archaeological open-air museum*, skraćeno AOAM). Ljudi koji se bave starim tehnologijama (starim zanatima) upravo su ti preko kojih se saznanja, dobijena putem eksperimenta, prenose širokoj publici. Ukratko, eksperimentalna arheologija, preko demonstracije starih tehnologija, svoje rezultate prikazuje javnosti (Jantzen 1994: 16). Ovi aspekti ulaze u sferu muzejske pedagogije (Paardekooper 2003: 139).

Možda najbolji način da se ukaže na razliku između arheološkog eksperimenta i arheo-tehnologije jeste da se navedu primeri za jedno i za drugo:

U martu 2013. godine, na Viminacijumu je izveden eksperiment tzv. rimske kremacije. Uprkos velikom broju otkrivenih grobova - kremacija iz rimskog perioda na Viminacijumu (definisanih kao grobovi tipa Mala Kopašnica – Sase - Јовановић 1984: 100-112), na ovom lokalitetu su otkrivene samo dve

ustrine. Postavljalo se pitanje da li su ustrine bile jedina mesta na kojima se vršila kremacija preminulih, ili su neki od njih možda spaljivani direktno iznad grobnih raka. Indikacija za spaljivanje iznad samih raka su bile dimenzije raka, koje u proseku iznose 1 x 2 m. Osim toga, veliki broj grobnih priloga iz ovih grobova nije pokazivao tragove gorenja. Nakon izvršenog eksperimenta kremacije, ustanovljeno je sa sigurnošću da je bar deo viminacijuskih kremacija bio sproveden direktno iznad grobnih raka, a ne na ustrini.

Stara tehnologija ili stari zanat na Viminacijumu uključuje izradu rimskih kulinarskih specijaliteta. Ovi specijaliteti se izrađuju svakodnevno, na osnovu recepata preuzetih iz Apicijeve knjige (Apicius, *De re coquinaria*; Korać, Račković 2014). Grupa ljudi koja izrađuje specijalitete, obučena je da primenjuje posebne postupke, svojstvene rimskom kulinarstvu. Ove specijalitete mogu da probaju svi posetioci arheološkog parka „Viminacijum“, a u posebnim prilikama i sami mogu da se okušaju u izradi istih.

Umesto zaključka, ovde će biti navedene neke od činjenica koje idu u prilog izvođenju arheoloških eksperimenata i uspostavljanju veze sa starim tehnologijama. Eksperiment, bilo da je sproveden uspešno ili neuspešno, svakako daje podatke i otkriva činjenice. Takvi podaci su izuzetno korisni stručnjacima iz oblasti arheo-tehnologije. Iako eksperimenti nisu pogodni za izvođenje pred širokom publikom, saznanja dobijena kroz eksperimente se, kroz primenu starih tehnologija, najčešće prikazuju upravo pred publikom, odnosno posetiocima arheoloških muzeja na otvorenom. Neretko, to postanu najatraktivniji punktovi i okviru ovakvih muzeja i neretko podrazumevaju učešće volontera iz publike.

Bibliografija

- Apicius.** *De re coquinaria*, prevod na engleski Sally Grainger, Trowbridge, Wiltshire, 2006.
- Jantzen D. 1994.** Erst das Experiment und dann... Zum praktischen Nutzen experimenteller Archäologie, *Experimentelle Archäologie, Bilanz* 1994: 15 - 22.
- Јовановић А. 1984.** Римске некрополе на територији Југославије, Београд 1984.
- Korać M., Raičković A. 2014.** *Culina Romana (Rimska kuhinja, Roman cuisine)*, Beograd 2014.
- Lessig-Weller T. 2008.** Entdecke die Möglichkeiten – Archäotechnik in der Vermittlung von Experimentalarchäologie, *Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz* 2008: 131-138.
- Paardekooper R. P. 2003.** The story behind the product, *Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz* 2003: 139 – 150.
- Reynolds P. J. 1998.** Das Wesen archäologischer Experimente, *Experimentelle Archäologie, Bilanz* 1998: 7 - 20.
- Таравички-Илић М., Мрдић Н., 2014.** Eksperimentalna arheologija. Kremacija i priprema groba tipa Mala Kopašnica - Sase, u D. Antonović (ur.): *Arheologija u Srbiji. Projekti Arheološkog Instituta u 2013. godini*. Arheološki institut, Beograd: 94-98.
- Таравички-Илић М., Мрдић Н. 2015.** A Roman Burial Rite in Viminacium: The latest Discovery. *Culti e Religiosità nelle Province Danubiane*, A cura di Livio Zerbini, Pubblicazione del LAD, Laboratorio di studi e ricerche sulle Antiche province Danubiane, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara: 483-495.

SPISAK UČESNIKA

Aleksandar Stamenković

Republički zavod za zaštitu spomenika kulture Beograd
astamenco@gmail.com

Aleksandra Savković

Mladenovac

Alena Zdravković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd
alena.zdravkovic@rgf.bg.ac.rs

Ana Đuričić

Laboratorija za bioarheologiju, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu
djura1987@yahoo.com

Andreja Sironić

Ruđer Bošković Institute, Zagreb
asironic@irb.hr

Barbara Radulović

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Biljana Đorđević

Narodni muzej, Beograd

Brajan Henks

Univerzitet u Pittsburgu, Odeljenje antropologije, Pittsburg, Komonvelt
Pensilvanije

Branimir Šegvić

Department of Geosciences, Texas Tech University, Lubbock
Branimir.Segvic@ttu.edu

Damir Borković

Ruđer Bošković Institut, Zagreb

Danica Mihailović

Arheološki institut, Beograd
danicamih@yahoo.com

Darko Tibljaš

Mineraloško-petrografski zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet,
Sveučilište u Zagrebu

Dejan Naumov

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dejan Vučković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Desimir Tanović

Republički zavod za zaštitu spomenika kulture Beograd
desimir.tanovic@heritage.gov.rs

<p>Dragana Antonović Arheološki institut, Beograd d.antonovic@ai.ac.com</p>
<p>Dragana D. Đurić Prirodnjački muzej, Beograd</p>
<p>Dragana Đurić Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd dragana.djuric@rgf.bg.ac.rs</p>
<p>Dragana Rajković Arheološki muzej Osijek dragana.rajkovic@amo.hr</p>
<p>Dražen Balen Mineraloško-petrografski zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu</p>
<p>Draženko Nenadić Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu</p>
<p>Igor Bjelić Arheološki institut, Beograd igor_bjelic@yahoo.com</p>
<p>Ines Krajcar Bronić Ruđer Bošković Institut, Zagreb</p>
<p>Ivan Bogdanović Arheološki institut Beograd leshicka@gmail.com</p>
<p>Ivana Vasiljević Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu</p>
<p>Jadranka Barešić Ruđer Bošković Institut, Zagreb</p>
<p>Jelena Vukčević Muzejska zbirka Trstenik</p>
<p>Jugoslav Pendić Institut BioSens, Univerzitet u Novom Sadu jugoslav.pentic@biosense.rs</p>
<p>Katarina Bogičević Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd katarina.bogicevic@rgf.bg.ac.rs</p>
<p>Kristina Penezić Institut Biosens, Univerzitet u Novom Sadu kpenezic@gmail.com</p>
<p>Kristina Šarić Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu kristina.saric@rgf.bg.ac.rs</p>

<p>Ljubomir Jevtović Arheološki institut, Beograd jevtoviclj@gmail.com</p>
<p>Maja Milošević Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd maja.milosevic@rgf.bg.ac.rs</p>
<p>Majkl Mlinec Univerzitet u Pitsburgu, Odeljenje antropologije, Pitsburg, Komonvelt Pensilvanije</p>
<p>Marija Kaličanin Krstić Zavod za zaštitu spomenika kulture Kragujevac m.kalicanin.krstic@gmail.com</p>
<p>Mark Berman Univerzitet u Pitsburgu, Odeljenje antropologije, Pitsburg, Komonvelt Pensilvanije</p>
<p>Marko Grković Zavod za zaštitu spomenika kulture Kragujevac</p>
<p>Mihailo Jovanović IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, Tarragona, Spain; Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Tarragona</p>
<p>Mihovil Logar Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu</p>
<p>Milica Tapavički-Ilić Arheološki institut, Beograd mtapavic@sbb.rs</p>
<p>Milorad Ignjatović Muzej grada Beograda</p>
<p>Mirko Petković Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu mirkopetkovic.90@gmail.com</p>
<p>Miroslav Kočić Univerzitet u Pitsburgu, Odeljenje antropologije, Pitsburg, Komonvelt Pensilvanije</p>
<p>Olga Bajčev Arheološki institut, Beograd arheolga@gmail.com</p>
<p>Petra Basar Univerzitet u Pitsburgu, Odeljenje antropologije, Pitsburg, Komonvelt Pensilvanije</p>
<p>Predrag Vulić Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu predrag.vulic@rgf.bg.ac.rs</p>

Selena Vitezović

Arheološki institut, Beograd
s.vitezovic@ai.ac.rs

Suzana Antolin

Mineraloško-petrografski zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet,
Sveučilište u Zagrebu

Suzana Erić

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
suzana.eric@rgf.bg.ac.rs

Tena Karavidović

Institut za arheologiju, Zagreb
tena007@gmail.com

Vesna Crnoglavac

Narodni muzej Niš
crnves@yahoo.com

Vesna Cvetkov

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Vesna Matović

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
vesna.matovic@rgf.bg.ac.rs

Vidan Dimić

Arheološki institut, Beograd
v.dimic@ai.ac.rs

Vladica Cvetković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
vladica.cvetkovic@rgf.bg.ac.rs

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

903.2-035.56"634"(082)
903.2-035.56"04/14"(082)
902/904:550.83(082)
902/904:005.591.6(082)

СРПСКО археолошко друштво (Београд). Секција за археометрију, археотехнологију, геоархеологију и експерименталну археологију. Скуп (1 ; Београд ; 2020)

Aktuelna interdisciplinarna istraživanja tehnologije u arheologiji jugoistočne Evrope : zbornik radova / Prvi skup Sekcije za arheometriju, arheotehnologiju, geoarheologiju i eksperimentalnu arheologiju Srpskog arheološkog društva, 28. februar 2020., Beograd ; priredile Selena Vitezović, Kristina Šarić, Dragana Antonović. - Beograd : Srpsko arheološko društvo, 2020 (Beograd : Glider Print). - 155 str. : ilustr. ; 30 cm

Na spor. nasl. str.: Current Interdisciplinary Studies in Technology in the Archaeology of the South-East Europe. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst štampan dvostubačno. - Tiraž 100. - Str. 12-13: Reč urednika / Dragana Antonović, Selena Vitezović, Kristina Šarić. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-80094-10-6

а) Археолошки налази -- Праисторија -- Зборници б) Археолошки налази -- Средњи век -- Зборници в) Археологија -- Геофизичка истраживања -- Зборници г) Археолошка истраживања -- Технолошки аспект -- Зборници

COBISS.SR-ID 283220492

ॐ