



A photograph of a stone wall made of large, irregular stones. A yellow silhouette of a person stands next to the wall, appearing very small in comparison. The wall has some green moss or algae growing on it.

ARCHAEOLOGIA ARCHAEOLOGY

PRIRONENNAUK
SCIENCE

№. 2 (2006)

ARHEOLOGIJA I
PRIRODNE NAUKE

Center for New Technology
Archaeological Institute Belgrade

ARCHAEOLOGY AND SCIENCE

2

Editor-in-chief
Miomir Korać

Editorial Board
Snežana Golubović, Žarko Mijailović, Živko Mikić,
Milan Milosavljević, Dragan Milovanović, Zoran Obradović,
Zoran Ognjanović, Slaviša Perić, Michael R. Werner,
Dejan Vučković, Zsolt Zolnai, Nemanja Mrđić (Secretary)

Belgrade 2006

Centar za nove tehnologije
Arheološki institut Beograd

ARHEOLOGIJA I PRIRODNE NAUKE

2

Glavni urednik
Miomir Korać

Uređivački odbor (redakcija)
Snežana Golubović, Žarko Mijailović, Živko Mikić,
Milan Milosavljević, Dragan Milovanović, Zoran Obradović,
Zoran Ognjanović, Slaviša Perić, Majkl R. Verner,
Dejan Vučković, Zsolt Zolnai, Nemanja Mrđić (sekretar)

Beograd 2006.

Published by: Izdavači:
Center for New Technology Viminacium Centar za nove tehnologije Viminacium
Archaeological Institute Belgrade Arheološki institut Beograd

For the publishers: Za izdavače:
Miomir Korać Miomir Korać
Slaviša Perić Slaviša Perić

Editor: Urednik:
Miomir Korać Miomir Korać

Translation: Prevod:
Milica Tapavički-Ilić Milica Tapavički-Ilić
Nemanja Mrđić Nemanja Mrđić

Cover Design: Dizajn Korica:
Miomir Korać Miomir Korać
Milan Milosavljević Milan Milosavljević
Nemanja Mrđić Nemanja Mrđić

Graphic design by: Dizajn i tehničko uređenje:
Nemanja Mrđić Nemanja Mrđić

Photographs and plans: Fotografije i planovi:
Archaeological Institute Belgrade Dokumentacija Arheološkog instituta u
Center for New Technology Beogradu i Centra za nove tehnologije

Print: Štampa:
DigitalArt Beograd DigitalArt Beograd

Printed in: Tiraž:
500 copies 500 primeraka

ISSN 1452-7448

SADRŽAJ / SUMMARY

Miomir Korać Nemanja Mrđić Mirko Mikić	KARTIRANJE RIMSKOG AKVEDUKTA NA VIMINACIJUMU UZ POMOĆ GLOBALNOG SISTEMA ZA POZICIONIRANJE (GPS) <i>Mapping of the Roman Aqueduct at Viminacium using Global Positioning System (GPS).....</i>	7-20
Mirko Mikić Vojislav Stojanović Nemanja Mrđić	PRIMENA GRADIOMETRA ZA POTREBE ZAŠTITNIH ARHEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA NA VIMINACIJUMU – LOKALITET RIT <i>Use og Gradiometer During Protective Archaeological Research at Viminacium - Site Rit.....</i>	21-26
Saša Redžić Angelina Raičković Bebina Milovanović	KRSTASTE FIBULE U GROBOVIMA VIMINACIJUMSKIH NEKROPOLA <i>Cross-like Fibulae in Graves of the Viminacium Cemetery.....</i>	27-45
Olivera Ilić	RANOHRIŠĆANSKI IMPORT NA TERITORIJI SEVERNOG ILIRIKA U PERIODU OD IV DO POČETKA VII VEKA <i>Early Christian Roman Imports in the territory of North Illyricum from 4th to 6th century.....</i>	47-68

Angelina Raičković Saša Redžić Bebina Milovanović	POSUDE SA APLICIRANIM ZMIJAMA IZ ZANATSKOG CENTRA SA VIMINACIJUMA <i>Vessels With Snake-like Applications From Viminacium Production Centre.....</i>	69-76
Angelina Raičković Saša Redžić Dragana Rogić	TERAKOTE SA PROSTORA ZANATSKOG CENTRA VIMINACIJUM <i>Terracottas From Viminacium Production Centre.....</i>	77-86
Mirjana Arsenijević Saša Redžić Milica Tapavički-Ilić	JEDAN REDAK PRIMERAK KOVANJA AVGUSTA OKTAVIJANA PRONAĐEN NA VIMINACIJUMU <i>A Rare Coin of Augustus Octavianus From Viminacium Necropolis.....</i>	87-90
Milica Tapavički-Ilić Mirjana Arsenijević	STOČARSTVO CENTRALNOG BALKANA NA PRELASKU STARE U NOVU ERU <i>Cattle Breeding on the Central Balkans During Transition of the Eras.....</i>	91-96
Miomir Korać Srđan Marković Jelena Obradović	PRIMENA VR PANORAMA U VIZUELIZACIJI KULTURNOG NASLEĐA NA INTERAKTIVNOM CD ROM-U "VIMINACIUM LUMEN MEUM" <i>Application of VR Panoramas in visualisation of Cultural Heritage - "Viminacium lumen meum " interactive CD-ROM.....</i>	97-104
Miomir Korać Zoran Ognjanović Filip Dugandžić	PANDORA - Ekspertni sistem za datiranje iskopina <i>PANDORA - Experts system for dating artifacts.....</i>	105-120
Suzana Polić-Radovanović Anđelka Milosavljević Miomir Korać	IDENTIFIKACIJA ARHEOLOŠKIH MATERIJALA LASEROM POMOĆU KOMPARATIVNE ANALIZE EKVIVALENTNIH OSNOVA <i>Laser's Identification of Archaeological Materials Using Comparative Analysis of Equivalent Bases.....</i>	121-128
Vanja Korać	MOBILNI E-COMMERCE <i>Mobile E-Commerce.....</i>	129-144

Miomir Korać
Arheološki institut Beograd

Nemanja Mrđić
Arheološki institut Beograd

Mirko Mikić
Arheološki institut Beograd

UDK 904"652":528.856(497.11)"2003"
UDK 904"652":550.837.7(497.11)"2003"



Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

KARTIRANJE RIMSKOG AKVEDUKTA NA VIMINACIJUMU POMOĆU GLOBALNOG SISTEMA ZA POZICIONIRANJE (GPS)

ABSTRAKT

U proleće 2003. godine, prilikom radova na površinskom ugljenokopu Drmno, na lokalitetu Stig, bager je presekao zidove za koje se arheološkim i geofizičkim istraživanjima pokazalo da su deo gravitacionog kanala rimskog akvedukta. Zaštitna iskopavanja otkrila su tragove još jednog kanala. Da bi se upoznao sistem vodosnabdevanja i isplanirala buduća zaštitna istraživanja sprovedeno je sistematsko rekognosciranje i kartiranje oba akvedukta. Utvrđena je njihova trasa u dužini od preko 6 km. Korišćena je savremena oprema, a potvrđivanje rezultata rekognosciranja vršeno je na više različitih načina koji uključuju georadarska snimanja, arheološka iskopavanja i praćenje raznih zemljanih radova. Rad prvenstveno ima za cilj da predstavi novi metodološki pristup sistematskom kartiranju arheoloških lokaliteta.

KLJUČNE REČI: VIMINACIJUM, KARTIRANJE, AKVEDUKT, GEOFIZIKA, GEORADAR, GPS, GLOBAL POSITIONING SYSTEM, METODOLOGIJA

U proleće 2003. godine, prilikom radova na uklanjanju jalovine, u zoni ispred površinskog ugljenokopa Drmno, na lokalitetu Stig, bager je presekao zidove za koje se arheološkim i geofizičkim istraživanjima pokazalo da su deo gravitacionog kanala rimskog akvedukta (sl. 1). Prve sonde otvorene su u neposrednoj blizini ivice površinskog kopa, na oko 3200 m od istočne kapije kastruma u pravcu jugoistoka. Daljim istraživanjima, na razdaljini od svega dvadesetak metara otkriven je i gravitacioni kanal drugog akvedukta koji je paralelan sa trasom prethodnog. Tokom 2003. godine vršena su intenzivna

istraživanja akvedukta, te su oba iskopana u dužini od 1.150 metara.¹ Stanje ostataka je različito. Jednim delom su veoma dobro sačuvani kanali kojima nedostaje samo pokrivač. U drugom delu je očuvana temeljna zona. Na pojedinim delovima kanali se mogu pratiti samo u negativu. Otkrivanjem gravitacionih kanala postavilo se pitanje njihove trase, izvorišta, rezervoara i distributivnog sistema. Zbog ugroženosti celog prostora radom mehanizacije, kao imperativ nametnula su se istraživanja koja su išla u dva

1. Svi podaci navedeni u ovom članku preuzeti su iz terenske dokumentacije projekta Viminacijum osim ukoliko nije drugačije naglašeno.



Slika 1. Rimski akvedukt otkriven na lokalitetu Stig - gravitacioni kanal sa detaljem unutrašnjosti
(fotografija: M. Korać)

pravca: arheološko iskopavanje i kartiranje da bi se razumeo način vodosnabdevanja grada i mogao razraditi plan dalje zaštite. Obe vrste istraživanja bile su podržane geofizičkim snimanjima, pre svega pomoću georadara. Ona su imala za cilj, s jedne strane, da pruže informaciju o stanju podzemnih ostataka kako bi se mogle najpreciznije postaviti sonde, a sa druge da potvrde rezultate rekognosciranja terena.

Ranija istraživanja dala su prve indicije da je u gradu postojao razgranat sistem vodosnabdevanja koji je pratila i razvijena kanalizaciona mreža. Olovne cevi bile su čest nalaz prilikom istraživanja grada i logora koja su vršili Mihailo Valtrović i Miloje Vasić. Tokom novijih istraživanja usmerenih ka zoni istočne nekropole nađeno je više fragmentovanih olovnih cevi. Istraživanje velikih gradskih termi takođe je doprinelo razumevanju vodovodno-kanalizacionog sistema unutar grada.

Značajan podatak o sistemu vodosnabdevanja pružio je Feliks Kanic koji je tokom druge polovine

XIX veka u više navrata posetio Viminacium.¹ Prilikom opisivanja ostataka grada koje je video navodi da se „na istočnoj strani primećuje jedan odvojen deo, koji je verovatno opasan zidom, štitio grad sa istoka.² Isto tako se jasno razaznaju temelji mnogih zgrada, ostaci vodovoda kojim je dovođena voda sa brda Lipovica udaljenog 15 milja i nekoliko cisterni za vodu“³. Iako ne navodi bližu lokaciju ni cisterni - rezervoara ni vodovoda, po redosledu opisa svog puta i nabranja stiče se utisak da se ovi objekti prostiru u nizu od kastruma prema istoku. Tokom vremena lokalno stanovništvo je intenzivno koristilo materijal sa akvedukta za gradnju kuća i drugih pratećih objekata po okolnim selima. Od onoga što je Kanic video danas se na površini zemlje ne može uočiti ništa. Tek su savremena istraživanja, od kojih su neka predmet ovog rada, potvrdila ova zapažanja Feliksa Kanic-a.

1. Prvi put poseće Viminacijum u maju 1860. (1866), a drugi put u oktobru 1887. godine.

2. Najverovatnije misli na vojni logor (*castrum*) VII Kladijeve legije (*Legio VII Claudia Pia Fidelis*).

3. Kanic, 1984. 179

Pretpostavljalo se da je izvorište ovih akvedukata u obližnjim brdima, odakle korišćenjem prirodnog pada terena voda dovođena do grada. Sila gravitacije je jedini pokretač vode u celom sistemu vodosnabdevanja Viminacijuma. Na taj način se izbegavaju složena tehnička rešenja potrebna za podizanje vode u okviru sistema napajanja na više kote. Već prilikom preliminarnih pregleda karata shvatilo se da je idealan put onaj koji je skoro i najduži. Kanali su morali da priđu gradu u velikom luku i bili su znatno duži ukoliko se u celosti želeo ispoštovati princip slobodnog pada. Prava linija, koja je najkraći put, zbog prepreka u konfiguraciji terena bila je odbačena.

Kartiranje je kao deo istraživanja izvedeno u sklopu međunarodnog projekta koji se realizuje sa Univerzitetom u Olbaniju (*University of Albany, NY USA*). Grupa američkih studenata učestvovala je u početnim fazama rekognosciranja. Uvodno kartiranje vršeno je zajednički u toku tronodeljnog boravka američkog dela ekipe, a nastavljeno je samostalno u narednim mesecima dok su trajali zaštitni radovi.

METODOLOGIJA

Kartiranje je vršeno u više faza, u periodu od proleća do kasne jeseni, u više etapa rekognosciranja istog terena i u različitim godišnjim dobima. Na taj način su se paralelno mogli pratiti tragovi u vegetaciji i rasprostiranje šuta kada vegetacija nije bilo - nakon oranja ili u kasnu jesen.

S obzirom da je akvedukt objekat od strateškog značaja u njegovoj neposrednoj blizini je bila zabranjena gradnja – najmanje 15 stopa sa svake strane van grada (*extra urbem*), a u gradu (*intra urbem*) na 5 stopa sa svake strane. Ova pravila su mogla biti i izmenjena te je moglo biti i po samo 8 stopa sa svake strane vodovoda (Ilakovac, 1982: 21-22). Kada je bilo moguće, udaljenost objekata ili drveća je bila i veća. U praksi se ovo pokazalo kao tačno. U zoni od oko 2 km ispred



Slika 2. Garminov GPS MAP 76S

grada do one preko 5 km daleko od bedema jedini objekat koji je detektovan u blizi akvedukta je jedna najverovatnije, *villa rustica* udaljena oko 90-100 m od gravitacionih kanala⁴. Akvedukt se može uočiti pomoću šuta koji se linijski prostire duž njiva, kao i pomoću vegetacije koja se takođe menja linijski po (boji, gustini i visini). Na mestima gde su se tragovi gubili ili gde se sumnjalo na skretanja kanala, vršena su geofizička snimanja pomoću georadara (Ground Penetrating Radar – GPR) i zatim se u zavisnosti od rezultata nastavljalo sa rekognosciranjem⁵. Pored toga kao potvrda pravca poslužila su i mesta na kojima su linije cevi za odvođenje podzemnih voda⁶ presekle trasu akvedukta, te je on nađen u profilima kanala (sl. 4).

Na mestima na kojima je rekognosciranjem utvrđena trasa akvedukta, instrumentom za globalno pozicioniranje merene su tačke u

4. Redžić, Raičković 2006

5. Za detalje ovih istraživanja pogledati rad o geofizičkom snimanju akvedukata u ovom broju časopisa.

6. PLB (Peskovita Linija Bunara) i ŠLB (Šljunkovita Linija Bunara)

središnjim delovima koncentracija materijala pronađenog na površini. Birana su ona mesta na kojima je pronađeno više komada opeke, kamena ili maltera (hidrostatickog i krečnog). Opis svake pozicionirane tačke je unošen u formular koji je napravljen posebno za ovu priliku. Na mestima gde su uočene promene u vegetaciji takođe su merene tačke.

Kao početni deo rekognosciranja, određene su krajnje tačke poznatog dela akvedukta – prema gradu, odnosno prema izvorištu (Prilog 1). Za potrebe ovog istraživanja preuzeta su ranija geodetska merenja dela trase od novog kličevačkog puta prema gradu koji je sada razrušen napredovanjem kopa. Kartiranje je izvršeno i na delu akvedukta koji je iskopan. Tačke su uzimane na svakih 5 m na pravcu kanala i na svaki metar na mestima skretanja da bi se ona što bolje naglasila (Prilog 2).

Problem su najviše predstavljale promene

pravca akvedukta čija se mesta nisu mogla unapred prepostaviti. Stoga je svako gubljenje traga odnosilo puno vremena da bi se rekognoscirale sve njive u okolini i konstatovao nastavak pravilnog rasprostiranja šuta i drugih tragova.

Softver koji je korišćen za primarnu obradu podataka je GPS Utility 4.10.2. U daljem radu korišćen je Trimble Geomatics Office, a testiran je i niz drugih GIS programa. Sve tačke su prenete na prethodno georeferencirane digitalizovane topografske karte (1:2500 i 1:10000) i kasnije na više aerosnimaka, snimljenih različitim godina i pod različitim uslovima. Za georeferenciranje karata korišćene su geodetske tačke iz nacionalne geodetske mreže kao jedini pouzdani reperi (najmanje četiri tačke na svakoj karti). Za georeferenciranje aerosnimaka korišćene su karakteristične tačke raskrsnica i uglovi objekata koji su bili vidljivi na snimku. Na taj način je preko niza tačaka stvoren lokalni geodetski sistem



Slika 3. Trimble GPS 5800 Totalna stanica: GPS rover (levo) i bazna stanica za korekciju lokacije putem radio signala (desno) (foto: N. Mrđić).

u okviru koga su učitavani podaci sa GPS-a. Kartiranje je sistematski vršeno u timovima od 3-5 ljudi sa jednim (Trimble 5800) ili dva (Garmin GPS MAP 76S) GPS uređaja.

U prvoj fazi kartiranja korišćen je Garminov model GPS MAP 76S (sl. 2). Srednja preciznost uređaja je prema fabričkim standardima 3-5 m, mada se u terenskim uslovima pokazalo da može biti i veća – do 2,2 m. Preciznost uređaja je izražena u radijusu u kome je sa 90% garantovana koordinata. Ravan teren i oskudna vegetacija omogućila je maksimalan prijem satelitskog signala a samim tim i maksimalnu preciznost instrumenta. Da bi se povećala preciznost, korišćene su prosečne vrednosti čitanja na terenu. Merenje tačaka vršeno je u trajanju od najmanje jednog minuta, što je unapred postavljeno kao norma. Takav način merenja je obezbedio veću preciznost i umanjio mogućnost grešaka.

U drugoj fazi korišćen je Trimblov GPS

subsantimetarske tačnosti da bi se uradila korektura tačaka koje su prethodno snimljene. Pošto je samo ograničen broj tačaka mogao tokom istraživanja da bude ponovo izmeren one su bile od izuzetne važnosti za utvrđivanje preciznosti celokupnog rekognosciranja sa Garminovim modelom. Prilikom rada u drugoj fazi, korišćena su dva Trimble GPS 5800 prijemnika u sprezi (sl. 3). Jedan je korišćen kao bazna stanica kojim je vršena korektura satelitskog signala sa fiksne geodetske tačke i za komunikaciju sa pokretnim prijemnikom. Komunikacija je vršena putem radio veze radi korekcije merenja i postizanja veće tačnosti izmerenih vrednosti. Pokretni GPS prijemnik (rover), meri date pozicije na terenu uz pomoć emisije satelitskog signala i emisije radio signala bazne stanice. Time je preciznost povećana, a mogućnost greške srušena na ispod 20 mm. Mane Trimblovog modela, kada govorimo o njegovom korišćenju za potrebe



Slika 4. Ostaci temeljne zone akvedukta u profilu kanala cevovoda (fotografija: M. Korać)

rekognosciranja, su izuzetno visoka cena i veličina prijemnika. Garminov model je daleko manji i veličine je mobilnog telefona. S druge strane preciznost modela Trimble 5800 je dvadeset puta veća.

U metodološkom smislu potrebno je naglasiti još jednu bitnu stvar kod korišćenja ovako sofisticirane opreme za potrebe arheološkog rekognosciranja. Trimble 5800 je neosporno nezamenjiv tokom arheoloških iskopavanja, gde se kotiraju pokretni ili nepokretni nalazi, sa milimetarskom preciznošću. Garmin se tokom rekognosciranja pokazao kao sasvim solidno rešenje sa većom autonomijom rada¹ i neograničenim radijusom kretanja. Preciznost Trimble 5800 GPS-a u velikoj meri zavisi od signala bazne stanice, čiji je radijus ograničen, a bez kojeg preciznost drastično pada na čak oko 2 m što je nešto više od Garminovih najboljih rezultata. Prilikom rekognosciranja u velikoj meri su kotirani razvučeni šut ili konstrukcije koje su se nalazile ispod zemlje, a uočeni su na razne načine. U takvima slučajevima razlike u preciznosti su se pokazale kao nebitne. Lokacija tako konstatovanog objekta je realno mogla varirati 1-2 m što je i predviđena greška Garminovog GPS uređaja bez korekcije satelitskog signala. Za regionalni tip rekognosciranja i kartiranja preciznost kao takva je sasvim zadovoljavajuća.

Na osnovu toga, želja autora ovog rada je da naglasi važnost korišćenja ovih uređaja prilikom terenskih istraživanja, a čija je cena dostupna arheološkim institucijama.

REZULTATI

Rekognosciranje, iako nekontinuirano, trajalo je više meseci. Na terenu je provedeno oko 30 radnih dana. Skoro isto toliko je trajala i obrada prikupljenih podataka, formiranje GIS baze podataka i konačna interpretacija.

1. Manja potrošnja baterija i jednostavna izmena – koristi 4 obične alkalne AA baterije 1,5 V

Trasa ka izvorištu predstavljala je daleko veći izazov. *Caput aquae* sa kaptažnim izvorima bio je jedan od važnih ciljeva ovog rekognosciranja. Na žalost, istraživanja u ovom pravcu nisu bila tako uspešna. Ova zona nije ugrožena radovima kopa, tako da nije bilo mogućnosti da se rezultati provere. Zbog visoke i guste biljne kulture neomogućena su dalja geofizička istraživanja kao i rekognosciranje. Stoga se sve što se o ovom sektoru može reći mora uzeti sa dozom rezerve. Pravac je vodio ka jugozapadu pored veštačkog brda - deponije zemlje, kod Galovca. Trag je konačno izgubljen na oko 3 km od novog kličevačkog puta koji preseca akvedukt. Poslednji siguran pravac je bio ka selu Majurevac. Do najbližih brda preostalo je još najmanje 3-4 km. Usled obimnih radova na istraživanju i izmeštanju ugroženog dela akvedukta, rekognosciranje ovih brda je moralno biti odloženo. Lokacija kaptaža ostala je nepoznata. Buduća istraživanja biće usmerena u tom pravcu.

Tokom rekognosciranja u pravcu grada nije bilo većih problema sa praćenjem akvedukta. Početna pretpostavka da će akvedukt proći duž južnog bedema i otići pravo u grad brzo je odbačena jer praćena trasa vodi suviše prema severu. Takođe, za naglu promenu pravca nema osnova zbog izdužene duboke depresije – pozajmišta gline koje se nalazi na putu, a pruža se u pravcu sever-jug u dužini od oko 700 m (lokalitet Svetinja - prilog 4). S druge strane blagi pad terena od otkrivene trase je ka severoistoku, zatim se skreće ka zapadu – upravo onako kako su tragovi arhitekture i praćeni. Severno od lokaliteta Pirivoj (istočna nekropola Viminacijuma) teren počinje naglo da pada u pravcu severa.² Ukoliko bi se akvedukt spustio niz ovu padinu više ne bi postojala mogućnost da se jednostavnim rešenjem vrati na nadmorsku visinu grada. Prostor od depresije do naglog pada terena je širine 300 m i predstavlja najuže mesto kojim su akvedukti morali da prođu ukoliko se želeo ispratiti princip

2. U pitanju je rečna dolina Dunava sa kaskadama starih rečnih korita koja su bila aktuelna u ranijim praistorijskim periodima. Visinske razlike se kreću i do 15 m.

slobodnog pada. Međutim, upravo u toj zoni, na oko 1200 m od istočnog bedema kastruma, on je i definitivno izgubljen jer je materijal počeo da se meša sa šutom od rasturenih grobova istočne nekropole i suburbanih objekata. Njive su u potpunosti prekrivene šutom i nije bilo govora o nekom linijskom praćenju šuta. Trasa, bar kako to izgleda na aerosnimcima, vodi ka severu do same ivice prirodne terase i tu naglo skreće ka zapadu u pravcu grada i logora. Dodatna potvrda ovog zaključka usledila je nakon obimnih zemljanih radova za potrebe savremenog cevovoda. Preko lokaliteta Pirivoj prolazi linija cevi koja odvlači vodu iz bunara za sabiranje podzemnih voda. Linije bunara sa pratećim cevovodom imaju za cilj da spreče plavljenje površinskog kopa podzemnim vodama. Jedna ovih linija bunara nalazi se u blizini kastruma. Približno je paralelna sa delom istočnog bedema. Kanal za ovu liniju cevi nije nigde presekao akvedukt. Arheološka istraživanja pratila su iskopavanje kanala celom dužinom. Konstatovan je veći broj grobova, nekoliko zidova manjih građevina, ali ne i tragovi gravitacionih kanala ili cevi. Prostor severno od zone iskopavanja je geofizički istražen uz upotrebu georadara (RAMAC GPR - Ground Penetrating Radar). Ova istraživanja su razrešila mnoge nedoumice o trasi akvedukta. Na žalost, na ovom prostoru je akvedukt verovatno uništen ili je očuvan samo u temeljnim zonama. Praćenje kroz zonu nekropole u oblasti devastiranoj redovnim oranjem bez sistematskog iskopavanja nije dalje bilo moguće.

Zone koje nisu mogle biti snimljene ili nisu mogle biti rekognoscirane iz drugih razloga analizirane su daljinskom detekcijom preko aerosnimaka. Na aerofotografiji snimljenoj 1996. godine jasno se uočavaju dve beličaste linije preko kojih su se sa dosta poklapanja našle tačke uzete na terenu. One se mestimично prekidaju, ali se mogu pratiti skoro do ispred samog kastruma. Tada je primenjeno takozvano "obrnuto kartiranje": na aerosnimku su uzete koordinate tačaka koje bi se mogle naći na trasi akvedukta i navođenjem preko

GPS-a je proveravana situacija na terenu. Ovo je dalo pozitivne rezultate u više od dve trećine slučajeva (u prilogu 1. označeno crvenom bojom). Na osnovu trasa uzetih tačaka može se zaključiti da je akvedukt vodio do kastruma u blizini severne polovine istočnog bedema, najverovatnije u zoni istočne kapije³. Prema Kanicovim opisima u ovoj zoni bi trebalo očekivati i velike rezervoare za vodu – što bi mogao biti glavni akumulacioni rezervoar i krajnja tačka akvedukta (*castellum aquae*). Na terenu se uočava velika depresija nedaleko od istočnog bedema. Moguće je da se radi o delimično ukopanom rezervoaru. Dimenzije ove depresije su veoma velike (100 x 50 m, dubine do 2 m?). Ako je u pitanju rezervoar, najverovatnije je ispunjen zemljom, dok je nadzemni deo konstrukcije u potpunosti razrušen. Po površini se jasno uočava šut u vidu kamena i maltera. Jedan od arheološki potencijalnih objekata uočenih na aerosnimcima podseća na oblik peščanog sata. Na terenu se ovaj objekat poklapa sa pomenutom depresijom. Takav oblik upravo ima istraženi *castellum aquae* iskopan na Medijani (Jeremić, 1988). Ova analogija ostaje da bude potvrđena daljim istraživanjima.

Trasa akvedukta je ispraćena 3 km južno od novog kličevačkog puta. Toliko je približno poznato i severno od kličevačkog puta na putu do grada. Do najbližeg brda gde bi mogli biti izvori ima najmanje još 4 km, tako da je dužina akvedukata prelazila 10 kilometara. U toku rada memorisano je preko 650 tačaka, ne računajući one koje nisu direktno bile vezane za ovo tematsko rekognosciranje (prilozi 2, 3 i 4).

Jasno je potvrđeno da su gravitacioni kanali u potpunosti pratili konfiguraciju terena kako bi bez mehaničkih rešenja, samo slobodnim padom, sproveli vodu do grada. Krivine su pravljene na skoro pravilnim rastojanjima kako bi usporili i kontrolisali kretanje vodenog toka. Kako nam na osnovu rekognosciranja izgleda, najverovatnije su skretanja pravljena na razdaljinama od približno

3. Istočna kapija kastruma locirana je na 2/3 dužine istočnog bedema u pravcu severa

300 rimskih koraka ili 1500 stopa (između 440-450 m). U zoni gde je bilo potrebno usporiti pad vode na veće razdaljine, kanali su vodili skoro po samim izohipsama (Prilog 4) prateći konturu terena, a nagib je veštački regulisan unutar samog kanala.

Oba akvedukta se prate skoro paralelno celom dužinom. Međusobno rastojanje varira kako bi se najdoslednije mogao ispratiti pad terena. Približavaju se najviše do 7 m, a najveće konstatovano rastojanje je oko 40 m. Interesantno je primetiti da se na delu rastojanja prati i treća linija šuta, arheološkim iskopavanjem i potvrđena u dužini od 15 m. Radi se najverovatnije o trećem kanalu, koji je u iskopanom delu očuvan samo u temeljnoj zoni. Ova treća linija paralelna je sa prethodne dve trase. Da li je reč o trećem akveduktu, sekundarnom kanalu nekog od postojećih akvedukata ili kanalu za neke druge potrebe rešiće neki od budućih istraživačkih poduhvata.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Vodosnabdevanje u antici je od neizmernog značaja za razumevanje funkcionalnosti gradskog načina života. Podizanje skupih vodovodnih sistema, dugačkih po više desetina kilometara, od jednostavnih do onih tehnološki složenih jasno ukazuje na važnost onoga što je nama obična svakodnevница. Pomeni u izvorima su retki, ali nedvosmisleno veličaju ova građevinska dela. Frontin, Vitruvije i Plinije veliku pažnju posvećuju akveduktima.

Poredeći naša istraživanja sa obimnim radovima koji su sprovedeni u Španiji, južnoj Francuskoj, severnoj Africi i Bliskom istoku, a u našoj blizini u Dalmaciji (Ilakovac, 1978, 1982) i Makedoniji, uočava se koliko je kod nas malo pažnje posvećeno ovim objektima. *Sirmium*, *Singidunum*, *Naissus*, *Mediana* i *Iustiniana Prima* imaju jasno potvrđene ostatke vodovoda, dok su na nizu antičkih lokaliteta samo otkriveni pojedinačni tragovi cevi ili

rasturenih kanala (*Taliata*, *Municipium S. Margum*, *Horreum Margi*, *Felix Romuliana*, *Aquae*). Veliki gradovi prema tome nisu bili usamljeni primeri jedne civilizacijske tekovine, već se ona prati širom provincije. Na žalost, sistematskim istraživanjima ovih objekata bavilo se malo istraživača kao što su Petar Milošević, Petar Petrović, Miroslav Jeremić i Toni Čerškov.

Ublizini Požarevca su već ranije otkriveni tragovi rimskih akvedukata.¹ Prvi rezultati su objavljeni, ali istraživanja nisu vršena dalje u tom pravcu. Iako ovaj vodovod nije deo sistema za snabdevanje Viminacijuma, dobar je primer razgranate mreže akvedukata šire gradske zone. Očigledno je da sveža voda nije bila privilegija samo jednog urbanog centra na ovom prostoru.

Ovaj rad ima za cilj da pre svega pruži jedan metodološki drugačiji pristup interdisciplinarnim istraživanjima. Geofizička istraživanja, daljinska detekcija, arheološka iskopavanja i rekognosciranje dopunjavajući se satelitskom navigacijom dali su izuzetno dobre rezultate. Kartiranje ovog mega-objekta postavilo je šablon po kome se danas radi na kartirajući i interpretaciji objekata iz uže i šire gradske okoline. Time je omogućeno upoznavanje prostora koji je najdirektnije vezan i usmeren na grad i posredno utiče na život metropole. Metodologija je sa nešto modifikacijom primenjena na istraživanje i kartiranje samog najužeg urbanog jezgra – grada i legijskog logora unutar odbrambenih bedema (*intra muros*).

U ovom trenutku akvedukti su i dalje ugroženi radovima na prostoru ispred površinskog kopa „Drmno“. Deo koji je najbolje očuvan izmešten je na bezbednu lokaciju koja se poklapa sa originalnom trasom akvedukta. Poznavanje njihove trase omogućuje adekvatno planiranje daljih istraživanja i zaštite. Preliminarni rezultati iskopavanja su objavljeni,² dok je u pripremi monografija koja se detaljno bavi vodosnabdevanjem metropole Gornje Mezije.

1. Спасић, Јаџановић, 1997

2. Blagojević i Pavelka, 2004

RESUME**Mapping of the Roman Aqueduct
Using Global Positioning System**

In spring of 2003 digging activities of the surface coal mine Drmno, on site Stig revealed walls of the channel belonging to the roman aqueduct. Protective excavations that were undertaken found another aqueduct on very short distance.

In order to explore water supply system of roman Viminacium systematic multidisciplinary survey and mapping were done. Aqueducts were mapped 6 kilometers in length using GPS (Global Positioning System). Only 1150 meters of water channels were excavated. The rest of water supply system is archaeologically surveyed. Parts that were uncertain were additionally surveyed with Ground Penetrating Radar (GPR) and different methods of remote sensing. On maps we presented routs of channels and place of main reservoirs.

We aim to present new approach to research of macro archaeological structures using different methods and strategy.

Translated by Nemanja Mrdić

BIBLIOGRAFIJA**Blagojević, Stojković-Pavelka 2004**

Blagojević, M. i Stojković-Pavelka, B. 2004. Viminacium - lokalitet „Stig“ – Akvedukt. *Glasnik društva konzervatora Srbije* 28: 62-64. Beograd: Zavod za zaštitu spomenika kulture.

Dautova-Ruševljanin 1989

Dautova-Ruševljanin, V. 1989. Sremska Mitrovica Sirmium – akvedukt. *Arheološki pregled* 28: 112. Ljubljana: Savez Arheoloških društava Jugoslavije.

Ilakovac 1978

Ilakovac, B. 1978. Razvoj ceste Stara Straža – Radučić u odnosu na trasu akve-dukt Plavno polje – Burnum. *Putevi i Komunikacije u Antici (Materijali XVII)*: 109-123. Peć: Savez arheoloških društava Jugoslavije i Muzej Kosova – Priština.

Ilakovac 1982

Ilakovac, B. 1982. *Rimski akvedukti na području Sjeverne Dalmacije*. Zagreb: Arheološki muzej Zadar i Sveučilišna naklada Liber.

Jeremić 1988

Jeremić, M. 1988. Castellum aquae antičke Medijane. *Starinar* XXXIX: 61-81. Beograd: Arheološki institut.

Kanic 1985

Kanic, F. 1985. *Srbija zemlja i stanovništvo od rimskog doba do kraja XIX veka*. Beograd: Srpska književna zadruga.

Катанић, Гојковић 1961

Катанић, Н. и Гојковић, М. 1961. *Грађа за проучавање старих камених мостова и акведуката у Србији, Македонији и Црној Гори*. Београд: Савезни институт за заштиту споменика културе.

Katanić, Gojković 1972

Katanić, N. i Gojković, M. 1972. *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvedukata u Hrvatskoj*. Beograd - Zagreb: Jugoslovenski institut za zaštitu spomenika kulture i Republički zavod za zaštitu spomenika kulture SR Hrvatske.

Vitruvije, De architectura

Marko Vitruvije Polio. 1952. *De architectura - O arhitekturi*. Sarajevo: Veselin Masleša.

Milošević 1969

Milošević, P. 1969. Sremska Mitrovica (Sirmium) – Banoštor (Bononia) – rimske komunikacije i vodovodi: *Arheološki pregled* 11: 199-201. Beograd: Arheološko društvo Jugoslavije.

Milošević 1971

Milošević, P. 1971. Earlier Archaeological activity in Sirmium: *Sirmium II*: 3-11. Beograd: Arheološki institut.

Milošević 1971a

Milošević, P. 1971. Raniji nalazi u Sirmijumu: *Sirmium II*: 13-14. Beograd: Arheološki institut.

Petrović 1970

Petrović, N. 1970. O vodovodu Caričinog grada. *Starinar XX*: 289-297. Beograd: Arheološki institut.

Petrović 1979

Petrović, P. 1979. *Inscriptions de la Mesie Supérieure Vol. IV – Naissus – Remesiana – Horreum Margi*. Beograd: Centre d'études Epigraphiques et Numismatiques de la Faculte de Philosophie Beograd.

Petrović 1999.

Petrović, P. 1999. *Niš u antičko doba*. Niš: Prosveta.

Redžić, Raičković, Miletić 2006.

Redžić, S. i Raičković, A. 2006. Primena georadara na lokalitetu „Stig“ – objekat sa apsidom. *Arheologija i prirodne nauke I*: 47-55.

Renfrew, Bahn 2000

Renfrew, C - Bahn, P., 2000: *Archaeology, Theories Methods and Practice*, 3rd ed., London 2000, 71-116.

Спасић, Јаџановић 1997.

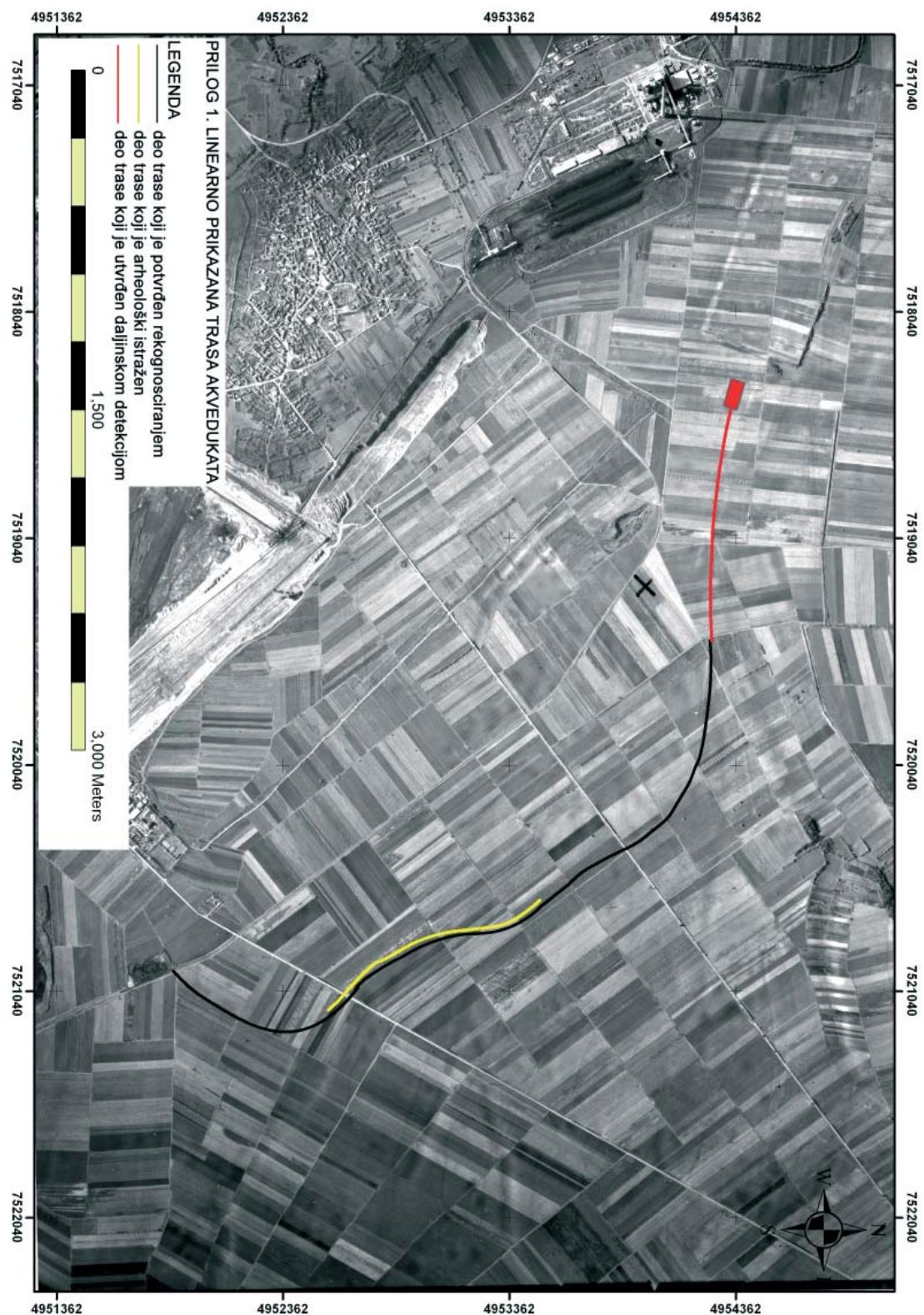
Спасић, Д. Јаџановић, Д. 1997. Римски водовод на “Тулби” у Пожаревцу. *Гласник САД* 13: 159-163

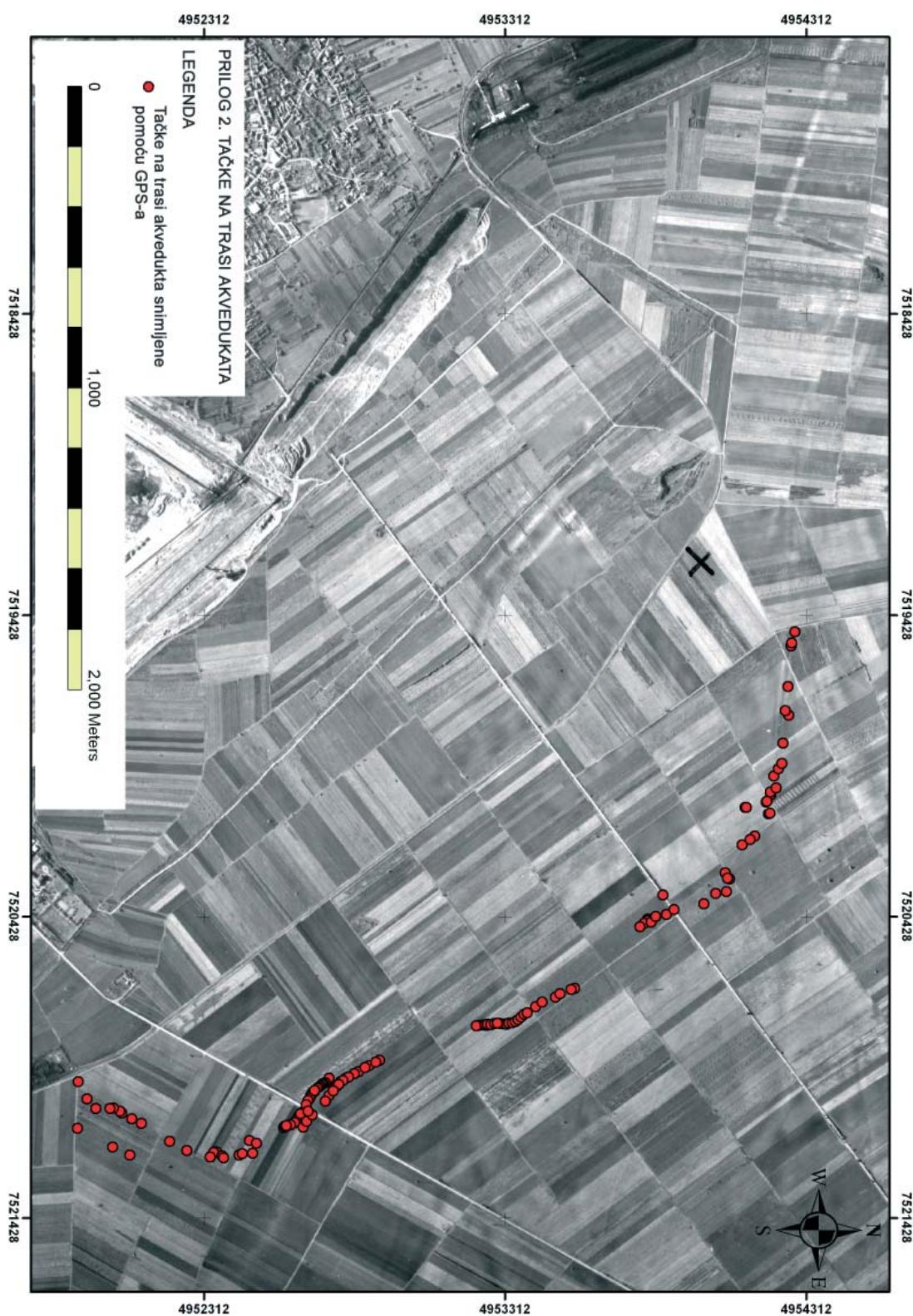
Vinčik, Ivanovski 1990.

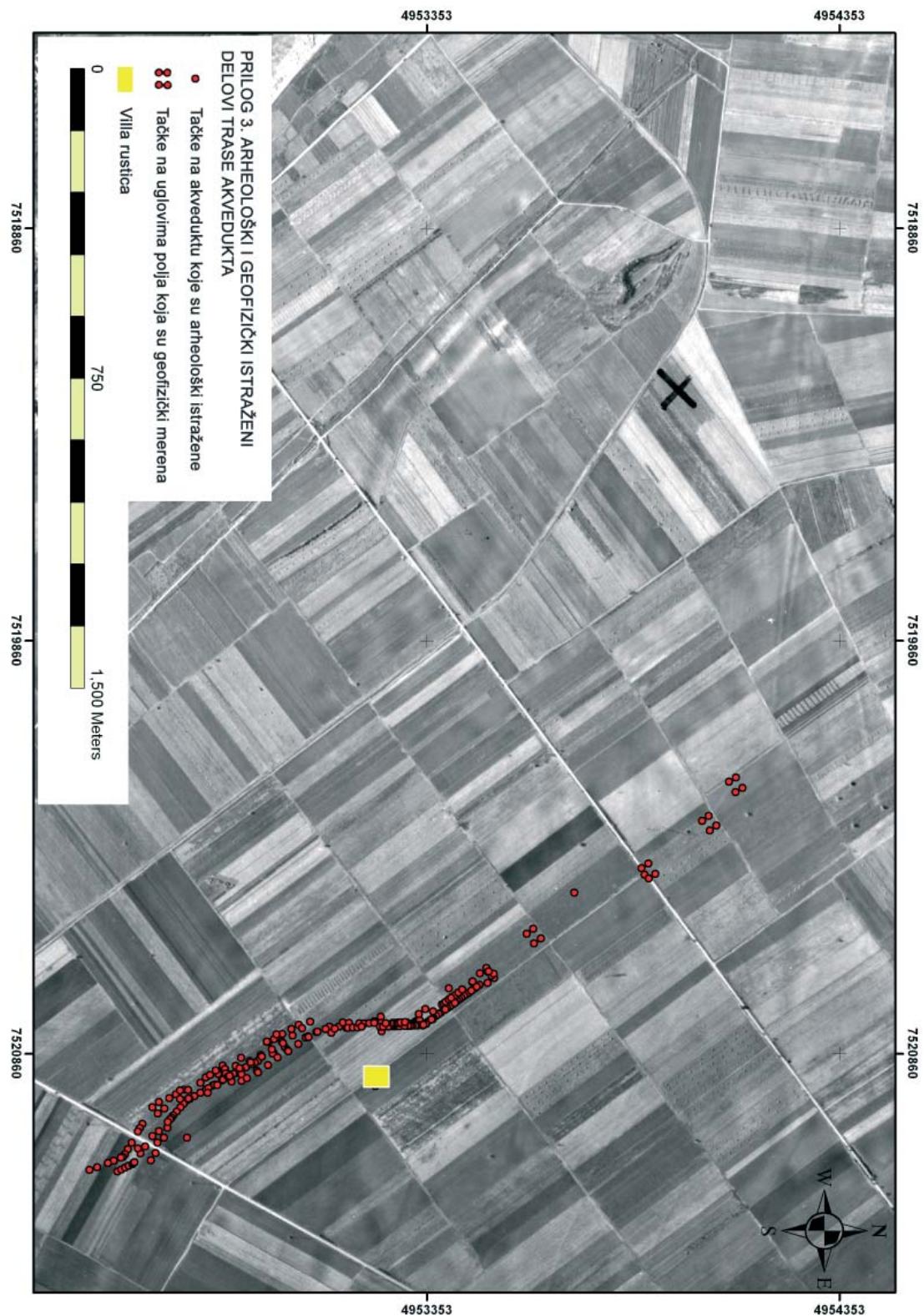
Vinčik, Ž. Ivanovski, M. 1990. Stobi – akvedukt. *Kulturno naslede* 14-15:63-73.

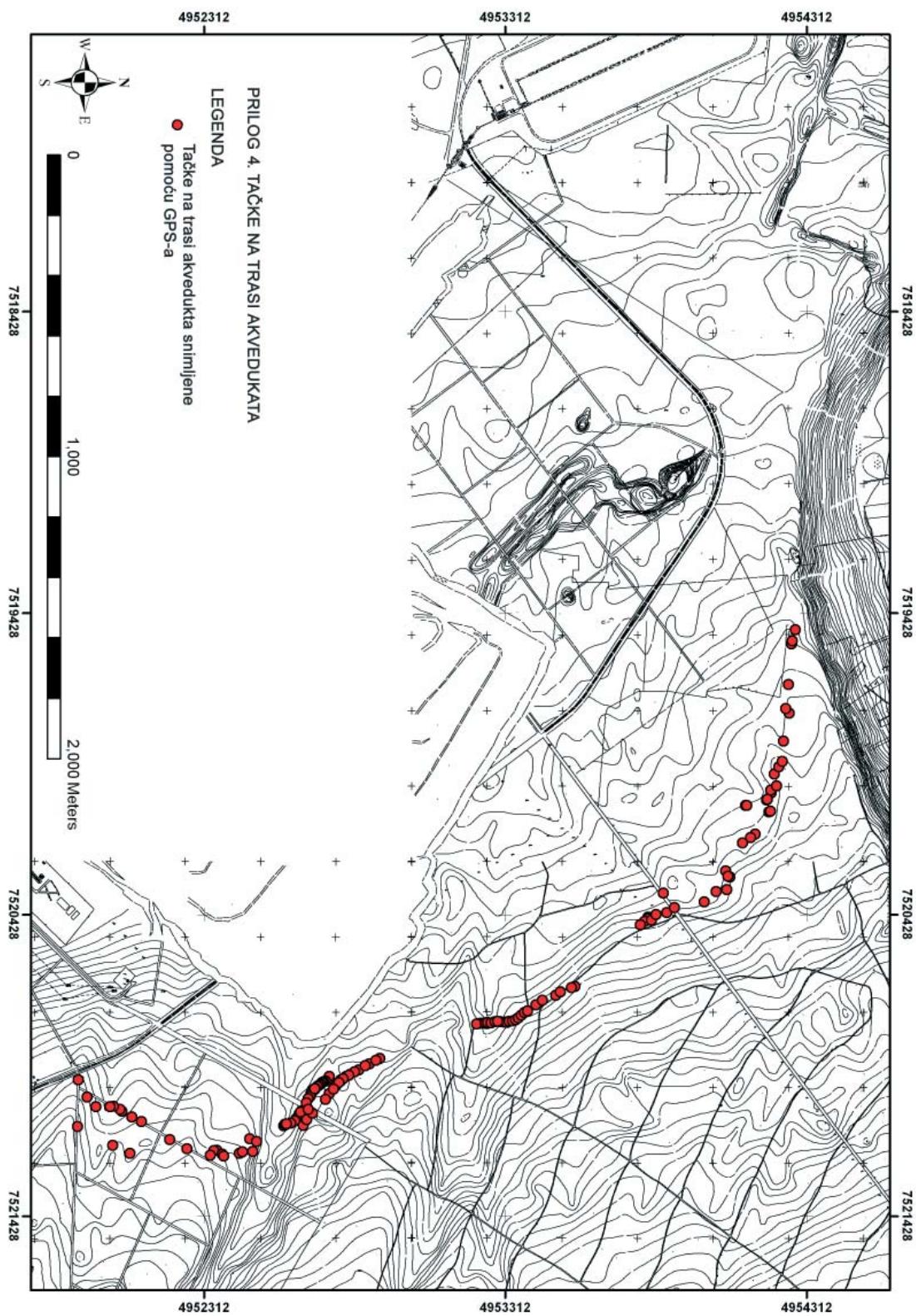


Slika 5. Pogled iz vazduha na akvedukte tokom iskopavanja (foto M. Korać)









Mirko Mikić

Arheološki institut Beograd

Vojislav Stojanović

Arheološki institut Beograd

Nemanja Mrđić

Arheološki institut Beograd



UDK 904"652":550.831(497.11)"2004/2005"

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

PRIMENA GRADIOMETRA ZA POTREBE ZAŠTITNIH ARHEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA NA VIMINACIJUMU – LOKALITET RIT

ABSTRAKT

Zaštitnim arheološkim radovima na lokalitetu Rit prethodila su obimna geofizička istraživanja. Rezultati dobijeni ovim radovima omogućili su detaljno planiranje iskopavanja i postavljanje sondi. Na prostoru koji je površine 4 hektara, definisan je prazan prostor, a istraživanje usmereno na otkriveni kompleks objekata. Saznanja dobijena arheološkim iskopavanjem potvrdila su i dopunila interpretaciju geofizičkih rezultata i postavila standarde za buduća istraživanja.

KLJUČNE REČI: VIMINACIJUM, GRADIOMETAR, GEOFIZIKA, ARHEOLOGIJA

Viminacijum,¹ rimski grad i vojni logor prostire se na površini većoj od 80 ha. Zajedno sa pristaništem, nekropolama i drugim prigradskim zonama zahvata preko 400 hektara. Sama činjenica da na tom prostoru grad više nije obnovljen, kao i da je danas to poljoprivredno zemljiste, čini ga veoma pogodnim za arheološka i geofizička istraživanja. Da bi se dopunila arheološka rekognosciranja i umanjila mogućnost

1. Podaci i snimci predstavljeni u radu deo su terenske dokumentacije Arheološkog instituta. Istraživanjima, koja su vršena tokom 2004 - 2005. godine rukovodio je dr Miomir Korać. Autori rada su deo stručne ekipe Arheološkog instituta koja je vršila istraživanja. M. Mikić i V. Stojanović su inženjeri geofizike. Arheološki deo ekipe činili su mr B. Milovanović i N. Mrđić. Izveštaj sa iskopavanja, materijal i dalja interpretacija biće deo posebne studije koja je u pripremi.

praznih sondi, prethodno su izvršena geofizička istraživanja. Ovakva metodologija se pokazala veoma uspešnom i dala je odlične rezultate, skraćujući vreme potrebno za iskopavanja.



Geomagnetska akvizicija pomoću gradiometra

Geomagnetska metoda se poslednjih godina često koristi u arheološkoj prospekciji, naročito zbog visokih gradijenata koje daje u sredinama koje su bogate arhitekturom i predmetima od pečene zemlje (opeka, veće koncentracije keramike itd.).

LOKACIJA I USLOVI ISTRAŽIVANJA

Deo lokaliteta Rit ugrožen je kopanjem bunara i kanala cevovoda LB-5 za potrebe površinskog kopa "Drmno" (Sl. 1). Da bi se smanjila mogućnost oštećenja arheoloških ostataka zbog obimnih građevinskih radova, izvršena su geofizička istraživanja ugroženog područja, koje se nalazi 300 m istočno od severoistočnog ugla kastruma VII Klaudijeve legije (*Legio VII Claudia Pia Fidelis*). Sistematsko razgrađivanje antičkih objekata na celom Viminacijumu dovelo je do toga da su od njih ostali očuvani samo temelji ili niži delovi zidova u zemlji. Na ugroženom prostoru mestimično su se mogli uočiti tragovi građevinskog šuta, ali pošto se radi o njivama

koje su intenzivno obrađivane bilo je jasno da je materijal razvučen oranjem. Antički objekti mogli su se ubicirati u radijusu od najmanje 20 metara što za potrebe ovih radova nije bilo dovoljno. Prethodna arheološka kao i geofizička istraživanja na tom prostoru nisu bila vršena.

Pošto su u pitanju bili zaštitni radovi postojali su određeni vremenski rokovi. To je nametnulo potrebu da se objekti precizno lociraju i definišu u što kraćem vremenskom periodu. Sondažnom arheološkom iskopavanju prethodilo je sistematsko geofizičko snimanje terena.

PRIKUPLJANJE I OBRADA PODATAKA

Geomagnetska akvizicija je vršena korišćenjem protonskog magnetometra - gradiometra sa Overhauzerovim efektom (GEM Systems, model GSM-19GW) za pokrivanje površine od 35200 m².

Ugroženi prostor je podeljen na 88 polja dimenzija 20 x 20 m. Terenska sredstva kao merne trake, kočići, itd., napravljeni su od nemagnetičnih

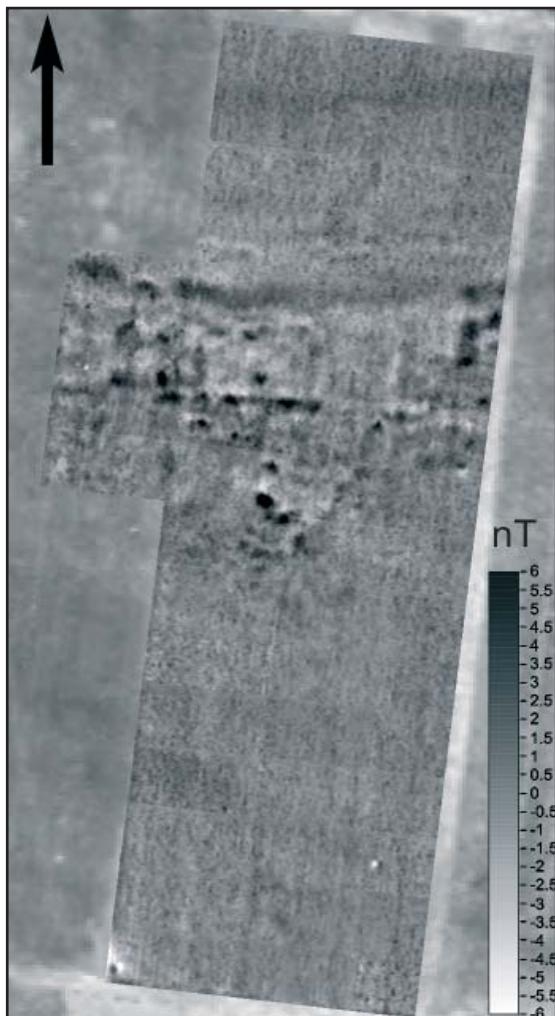


Slika 1. Aerosnimak Viminacijuma sa naznačenom zonom istraživanja

materijala. Trake su markirane na rastojanju od 1 m radi preciznijeg i bržeg istraživanja. Sam instrument je kalibriran fabrički i podešen na osetljivost od 0.017 nT. Visina instrumenta u odnosu na površinu terena je 2 m zbog najboljeg odnosa signal/smetnja. Radi što bolje rezolucije podataka instrument je ručno podešen na 2 čitanja u sekundi. Merenja počinju iz gornjeg desnog ugla istraženog područja paralelnim profilima na rastojanju od 1 m sa smerom kretanja sever - jug. Podaci su nakon merenja prenošeni sa interne memorije instrumenta na računar radi dalje obrade i interpretacije. Sama obrada obuhvata unošenje podataka u softverski paket i interpolaciju primenom tačkastog Kriging-a sa linearnim modelom variograma i intervalom interpolacije od 0.1 m. Rezultati istraživanja su prikazani u vidu geomagnetske karte vertikalnog gradijenta u opsegu od -6.0 do +6.0 nT, gde su minimalne vrednosti prikazane belom, maksimalne crnom, a vrednosti unutar opsega nijansom sive boje. Karta je georeferencirana i pozicionirana na aerosnimak kao podlogu.

INTERPRETACIJA GEOFIZIČKIH REZULTATA

Primena geomagnetske metode na područje predviđeno za projektovanje linije cevovoda dala je izuzetno dobre rezultate (sl. 2). Istražno područje je većim delom mirno u pogledu vrednosti magnetnog gradijenta, dok se u centralnom delu uočavaju anomalije koje svojim rasporedom i intenzitetom ukazuju na postojanje ostataka arhitekture. Na karti magnetnog polja uočavaju se linearne paralelne karakteristike sa pravcem pružanja istok - zapad. Tamnije karakteristike koje se nalaze u centralnom delu istražnog područja predstavljaju pozitivne vrednosti magnetnog gradijenta prouzrokovane ostacima od opeke i zapečene zemlje koje upućuju na postojanje zidova većeg objekta i mogućeg ogradnog zida dimenzija 32 x 22 m. U njegovom centralnom delu uočava se pozitivna anomalijska jačina težiteta što može ukazati na



Slika 2. Rezultati geofizičkih snimanja

postojanje koncentrisanog zapečenog materijala unutar objekta. Lokacija ove anomalije - objekta označena je plavom bojom na tabli 3. Arheološka iskopavanja potvrdila su da se u tom delu nalazi prostorija sa potpornim stupcima za podno grejanje – sistem hipokausta (slika 3). Tamni linearitet u severnom delu istražnog područja sa pravcem pružanja istok - zapad koji oivičava objekte sa severne strane, ukazuje na recentnu komunikaciju što je dokazano sondažnim iskopavanjem i daljinskom detekcijom vršenoj na bazi avio snimka iz 1967. godine sa prethodnom parcelacijom ovog područja.¹ Usled veoma kratkog roka za istraživanja, arheološke sonde su otvarane na najugroženijim mestima. Za anomalije sličnog tipa koje nisu sondirane možemo dati geofizičku

1. Na slici 3 označeno je crvenom bojom.

interpretaciju, sa pretpostavkom o postojanju objekata, na osnovu nalaza u arheološkim sondama u neposrednoj blizini. Žutom bojom je označena pretpostavljena arhitektura u vidu spoljnih zidova (sl. 3).

REZULTATI ARHEOLOŠKIH IS-KOPAVANJA I ZAKLJUČNO RAZMATRANJE

Arheološkim istraživanjima potvrđeno je postojanje najmanje dva, a verovatno tri objekta u okviru kompleksa ograđenog zidom dimenzija 32 x 22 m i jednog manjeg objekta udaljenog oko 50 m ka istoku.

U sondama postavljenim u istočnoj zoni otkriven je velik broj pokretnih nalaza. Arhitek-

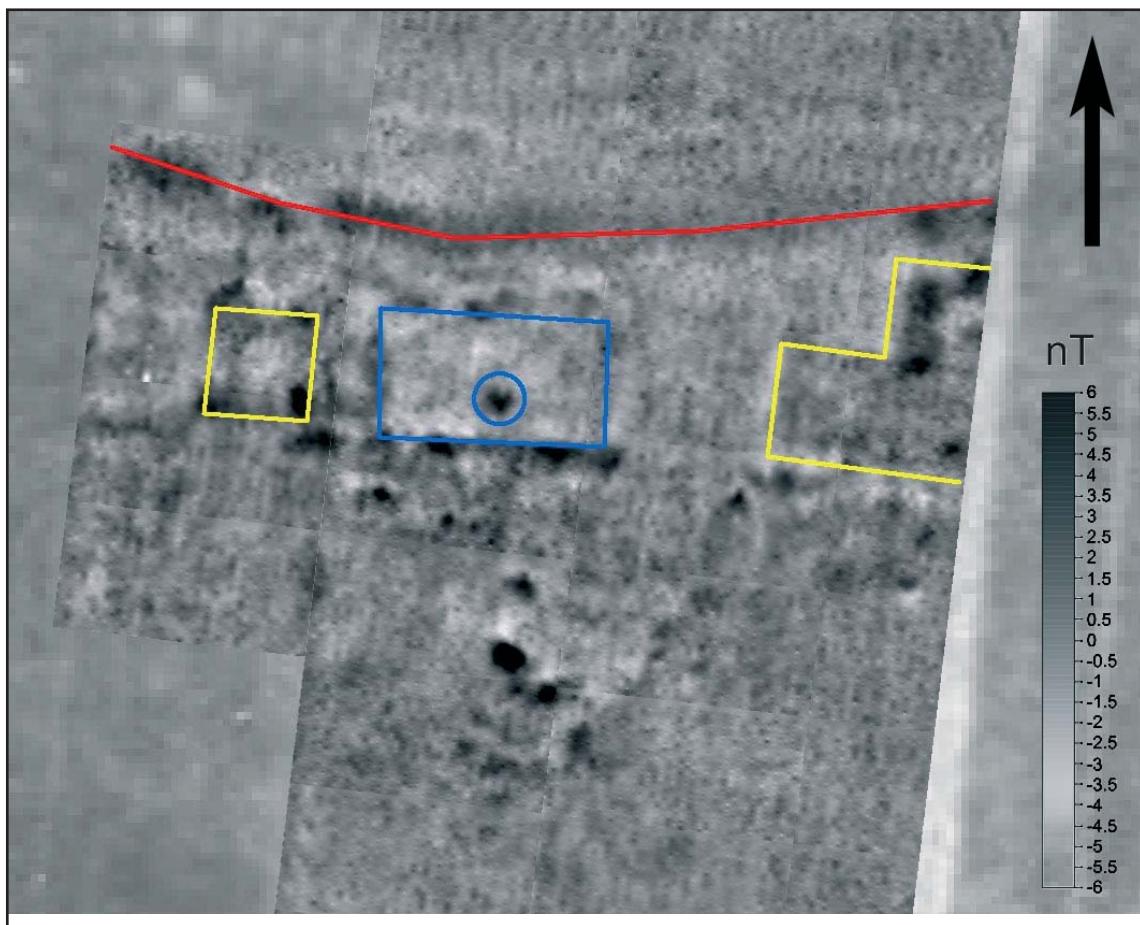
tonski ostaci konstatovani su samo u negativu, ali je potvrđeno postojanje objekta na tom prostoru. Dalju interpretaciju moguće je delimično sprovesti prema osnovi dobijenog geomagnetskog snimka.¹

U centralnom delu snimane površine, konstatovan je kompleks ograđen zidom od kamena². Ostaci ogradnog zida, širine oko 1 m, u znatnoj meri devastiranog, otkriveni su u jednoj od sondi (sl. 4). Ugao ovog zida (?) pronađen je u sledećoj sondi, ali samo u negativu. Unutar kompleksa otkrivena su najmanje dva objekta. Zidovi su nađeni na dubini od svega 0,40 m. Na podove se naišlo već na dubini od 0,60 m. Ostaci arhitekture su slabo očuvani.³ Objekat 1 je manji, građen od kamena

1. Na slici 3. objekat krajnje desno. Gabarit je označen žutom linijom.

2. Na slici 3. pravougaonik plave boje.

3. Građevine rimske Viminacijuma korišćene su ve-



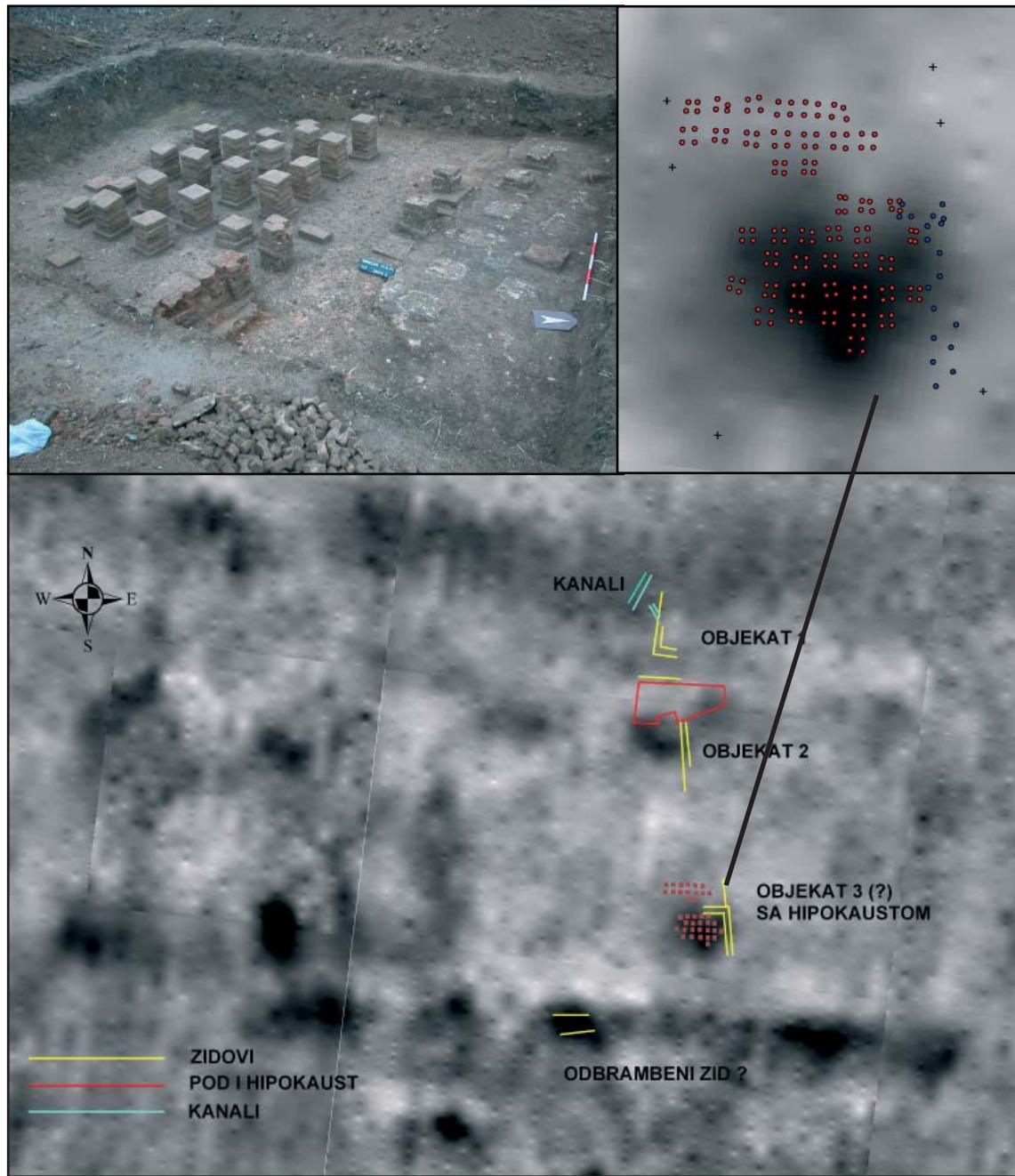
Slika 3. Interpretacija rezultata dobijena geofizičkim istraživanjima

vezanog malterom u alternaciji sa redovima opeke (*opus mixtum*). Očuvan je deo poda od malih heksagonalnih pločica. Objekat 2 je veći, imao je popločanje od kvadratnih opeka dok su zidovi bili od kamena vezanog krečnim malterom.⁴ Ostalo je kovima kao izvor besplatnog građevinskog materijala. Danas se na terenu uočavaju grube konture grada, ali se na površini ne vide objekti.

4. Visina očuvanih zidova je bila toliko mala da nije bilo

nejasno da li je prostorija, sa razrušenim zidom objekta, u kojoj su konstatovani dobro očuvani stupci hipokausta deo veće zgrade (objekat 2) ili se radi o trećem objektu (sl. 4). Pošto iznad hipokausta nije očuvan pod, a vrh stubaca je značajno iznad nivoa popločanog poda udaljenog 12 metara, skloni smo

moguće utvrditi da li je i ovaj objekat građen u tehnici *opus mixtum*.



Slika 4. Istraženi objekti na lokalitetu Rit sa izdvojenim detaljima hipokausta

prepostavci da je reč o trećem objektu. Prilikom istraživanja prostorije sa sistemom podnog grejanja (objekat 3?) otkriveno je više stotina leptirastih podnih pločica koje su činile dekorativni pod nad hipokaustom.

Šest metara severno od objekta 2 otkriven je oštećeni veći kanalizacioni kanal koji je mogao odvoditi otpadne vode iz ove građevine. Drugi, manji kanal, izlazi iz objekta 1 i uliva se u veći koji nastavlja ka severu prateći pad terena. Na taj način je obezbeđen odliv vode slobodnim padom. Trasa se ne prati dugo, jer su ostaci uništeni oranjem i razvučeni po širem prostoru.

Istraživanje poslednjeg objekta,¹ koje se na gradiometarskom snimku oslanja na ogradieni kompleks sa zapada, nije sprovedeno jer nije bio neposredno ugrožen. Njegova arheološka interpretacija izvedena je isključivo na osnovu geofizičkih rezultata, a prema analogijama sa iskopanim objektima.

Rezultati dobijeni arheološkim iskopavanjem omogućili su nam da odredimo referentne vrednosti arhitektonskih ostataka koje se reflektuju prilikom geomagnetskih snimanja. Na taj način će podaci dobijeni budućim akvizicijama gradiometra moći da se interpretiraju kao zidovi od kamena, opeke, šut od rasturenih opeka, površina sa zapećenom zemljom i kao što se pokazalo, hipokaust. Instrument je različito reagovao na deo hipokausta gde su očuvani stupci od onog gde su ostali samo u negativu (sl. 3).

Interpretacijom anomalija geomagnetskog polja istražnog područja omogućeno je bolje rešenje u projektovanju linije cevovoda. Pružen je uvid u izgled arhitektonskih ostataka i sagledavanje daleko šire situacije od one koja je iskopavanjem istražena. Samo arheološka iskopavanja, u ovom slučaju, dala bi nepotpune i fragmentarne podatke na osnovu male iskopane površine. Geofizička

istraživanja su svojom brzinom i rezultatima uštedela vreme i fokusirala arheološka istraživanja na najinteresantnije delove terena ugrožene linijom cevovoda. Nakon geofizičkih i arheoloških istraživanja linija cevovoda pomerena je u odnosu na projektovanu trasu da bi u što manjoj meri došlo do oštećenja arheoloških ostataka.

RESUME

Use of Gradiometer during Protective Archaeological Research at Viminacium, Site Stig

Systematic geophysical survey was undertaken before protective archaeological excavations on site Rit, 300 meters to the north-east of Roman military camp at Viminacium. Data acquired during this survey enabled detailed planning and positioning of trenches for archaeological research. On the area covering 4 hectares, clear area was determined and excavations were focused on discovered complex of buildings. Results of archaeological excavations confirmed and improved interpretation of geophysical results. That helped to set standard for all future research. Images shown on geophysical plans and photographs from the excavations present results on which area that is not excavated can be interpreted solely on the base of geophysical survey.

Translated by N. Mrđić

1. Objekat krajnje levo na slici 3 i 4. Na snimku u osnovi ima formu tetrapilona. Svaki od pilona bi mogao biti kvadratni sa dimenzijama stranice od 2-3 m. Gradeni su najverovatnije od opeke i u manjoj meri od kamena.

Saša Redžić
Arheološki institut Beograd

Angelina Raičković
Arheološki institut Beograd

Bebina Milovanović
Arheološki institut Beograd



UDK 904:739.2(497.11)"03"

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

KRSTASTE FIBULE U GROBOVIMA VIMINACIJUMSKIH NEKROPOLA

ABSTRAKT

Krstaste fibule sa 79 primeraka, predstavljaju na teritoriji Viminacijuma brojčano najzastupljeniji tip. Od ovog broja čak 58 primeraka je pronađeno unutar grobova neke od viminacijumske nekropole, što omogućava njihovo precizno vremensko opredeljivanje.

Fibule ovog tipa su izrađivane od bronce, srebra i zlata. Nisu retki ni primerci izrađeni od pozlaćene bronce. Fibule ornamentisane medaljonima sa likom cara i članova njegove porodice kao i natpisima različitog karaktera, do sada nisu nađene na Viminacijumu.

T fibule sa šarnirom predstavljaju obrazac iz koga su se krajem III i početkom IV veka razvile krstaste fibule. Ovaj podatak jasno dokazuje sličnost između najmlađih varijanti T fibula sa šarnirom i najstarijih krstastih fibula.

Krstaste fibule su rasprostranjene na čitavoj teritoriji rimskega carstva, ali su takođe nalažene i na prostorima izvan njegovih granica. Na teritoriji Viminacijuma njihova upotreba se datuje u IV vek.

KLJUČNE REČI: KRSTASTE FIBULE, VIMINACIJUM, GROB, NEKROPOLA, DATOVANJE

Ovde prezentovani tip fibula se u nemačkoj literaturi obično naziva Zwiebelknopffibeln i na lokalitetu Viminacijum je zastupljen sa 79 primeraka, od kojih je 55 ovde prezentovanih pronađeno unutar grobova neke od viminacijumskih nekropola. Do dokumentacije o tri primerka (nađeni su na lokaliteima „Pećine“, „Pirivoj“ i „Brest“) koji su nađeni u grobovima nisam uspeo da dođem tako da oni nisu uključeni u rad.

Na vrhu polukružnog luka se nalazi poprečna greda, na čijim su krajevima dva zadebljanja koja

najčešće imaju oblik razvijenih lukovica. Istovetno zadebljanje se nalazi na početku luka. Poprečna greda može imati šestougaoni poprečni presek koji na gornjoj strani često ima plastični dodatak. Kod kasnijih primeraka greda ima oblik trapeza čija je gornja strana profilisana. Lukovice mogu biti okrugle, jajolike, ukrašene facetiranjem ili bez ukrasa. Luk je obično trapezoidnog preseka. Stopa može biti ukrašena facetiranjem, linearnim ili kružnim linijama, volutama, spiralama itd. Čest je slučaj da se istovetan ukras sa luka prenosi i na stopu.

Igra je sa telom spojena preko šarnira. Držač igle je cevastog oblika. Da bi se sprečilo ispadanje igle iz ležišta, korišćen je mali žičani klin smešten na prelazu luka u stopu ili pločica koja je smeštena u unutrašnjosti držača igle. Istu namenu je imala i pločica koja je jednim svojim krajem bila spojena sa stopom pomoću žičane osovine oko koje je mogla da se rotira kako bi dozvolila zakopčavanje ili otkopčavanje fibule.¹ U retkim slučajevima zakopčavanje fibule se izvodilo preko središnje lukovice koja je na svom donjem kraju imala iglu sa navojima. Igra se provlačila kroz otvor u poprečnoj gredi. Ovaj otvor je takođe sadržao navoje pomoću kojih je vršeno fiksiranje igle. Ovakve fibule nisu imale držač igle već im je stopa bila probušena po dužini.²

Luksuzni primerci izrađeni od zlata, srebra i pozlaćene bronze mogu biti ornamentisani medaljonima sa likom cara i članova njegove porodice kao i natpisima različitog karaktera. Ovakve fibule su u različitim prilikama od strane cara poklanjane velikodostojnicima, oficirima i činovnicima. Proizvodnja ovakvih fibula je bila u nadležnosti carskog dvora koji je pratio cara na njegovim putovanjima.³

Pojas i krstasta fibula pridodata hlamidi, predstavljaju obavezan deo vojne uniforme. Pojas i ova vrsta fibula prihvaćene su i od strane civilnog činovništva koje je vremenom poprimilo vojne odlike.⁴ Pored ovde obrađenih 55 primeraka krstastih fibula, koje su pronađene u 54 grobu (dvojni grob G-5428 pronađen na lokalitetu „Pećine“ ima dve fibule, koje u ovom radu imaju redne brojeve 27 i 52), unutar 18 grobova su pronađeni i delovi pojasnih garnitura (predice, jezičci i aplikacije). Ova činjenica dokazuje gore navedenu konstataciju o zajedničkoj upotrebi pojaseva i ovog tipa fibula, te s tim u vezi ove grobove možemo opredeliti kao grobove vojnika i činovnika. Mastionice pronađene u grobovima zajedno sa fibulama broj 24 i 47 verovatno ukazuju na činovnički stalež pokojnika koji su u njima sahranjeni. Nalazi ovih

fibula u grobovima žena nisu deo njihove nošnje već pretstavljaju nasleđene predmete.⁵ Sa ovim u vezi treba pomenuti da su od 16 pokojnika (koliko je ukupno polno opredeljenih skeleta od stane antropologa) njih 14 opredeljeni kao muškarci, jedan kao žena i jedan kao dete.

Krstaste fibule bez sumnje vode poreklo od T fibula sa šarnirom. Treba pomenuti da je najmlađa varijanta T fibula sa šarnirom, veoma slična varijanti 1 krstastih fibula. Najznačajnija razlika između ovih tipova je u obliku lukovica koje su kod pomenute varijante (varijanta 6), T fibula sa šarnirom najčešće ovalnog ili bikoničnog oblika⁶ i pretstavljaju prelazni oblik ka lukovicama koje imaju formu zrele glavice luka, a koje su karakteristične za krstaste fibule.

Već pomenuti Sonj (Brigetio) u Mađarskoj predstavlja jedan od centara proizvodnje krstastih fibula, što je potvrđeno nalazom polufabrikata i četvorodelnog kalupa za njihovo livenje.⁷

Krstaste fibule su rasprostranjene na čitavoj teritoriji rimskog carstva kao i na prostorima koji nisu bili njime obuhvaćeni. Nalazi ovih fibula su brojni i na teritoriji Gornje Mezije.

Krstaste fibule se javljaju krajem III veka i nalaze se u upotrebi tokom IV i V veka. Kao najmlađi oblik krstastih fibula Pratel navodi tip Tourne-Apahida koji opredeljuje u svoj tip 7 i datuje u poslednju trećinu V veka.⁸ Po njemu prelazni oblik ka ovom obliku pretstavljaju fibule tipa Desana-Ten koje se datuju u drugu trećinu V veka.⁹ E. Genčeva smatra na osnovu nalaza najstarijih varijanti krstastih fibula (njen tip 24a, datovan u prvu polovinu III veka i tip 24b datovan, u sredinu III veka), da njihov razvoj počinje na teritoriji balkanskog poluostrva.¹⁰ Ovo mišljenje je svakako pogrešno, jer ove dve varijante njenog tipa 24 treba zbog ovalnog ili bikoničnog oblika

5. Vasić 2001, 196.

6. Redžić 2006, 127-129, T. XXXI/337-338; T. XXXII/339-344.

7. Keller 1971, 27, Abb. 10.

8. Pröttel 1988, 370, Abb. 8, 6.

9. Pröttel 1988, 370, Abb. 8, 5.

10. Генчева 2004, 62-63, T. XX, 1-6.

1. Saria 1928, 75-77, Abb. 2-5.

2. Bojović 1983, 83, T. LV, 453.

3. Vasić 2001, 196.

4. Vasić 2001, 195.

Položaj fibule	Dislocirani skelet	Kenotaf	Desno rame	Levo rame	Grudi	Kod lobanje	Karlica	Leva podlaktica	Noge
Broj fibula	12	1	10	7	4	2	1	1	17

Položaj fibula unutar groba

lukovica opredeliti u starije T fibule sa šarnirom. Uzimajući u obzir do sada nađene krstaste fibule na Viminacijumu, može se reći da ove ne izlaze iz okvira IV veka.

MESTO POLAGANJA FIBULA UNUTAR GROBA I LOKALITETI NA KOJIMA SU NALAŽENE

Položaj fibula unutar groba je predstavljen u gore priloženoj tabeli.

Od 55 ovde predstavljenih fibula 12 primeraka potiče iz grobova sa dislociranim skeletima tako da njihov položaj nije moguće utvrditi. Jedna fibula je nađena na lokalitetu „Pećine“ u kenotafu broj G-4423.

Uobičajeno mesto na kome su muškarci nosili fibule je desno rame, što je i dokumentovano u 10 slučajeva. Da su krstaste fibule nošene i na levom ramenu svedoči nam i nalaz 7 primeraka iz Viminacijuma.

Nalaze fibula na grudima (4 primerka) i kod lobanje (2 primerka) treba tumačiti njihovaom dislokacijom usled sleganja zemlje. Prvobitno

mesto postavljanja ovih fibula je verovatno desno ili levo rame.

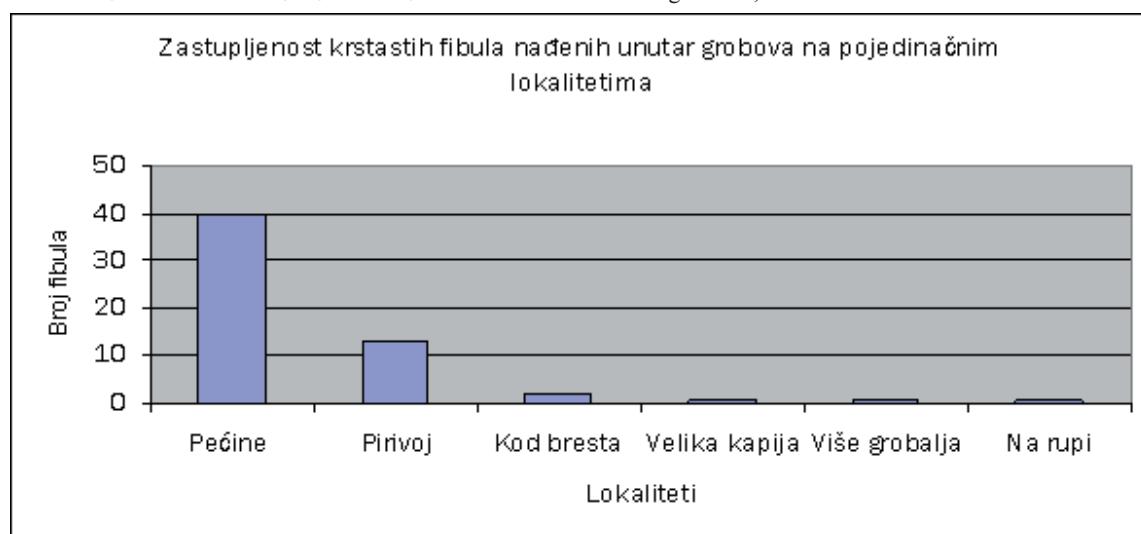
Polaganje fibula pored karlice ili preko leve podlaktice možemo tumačiti dvojako. U prvom slučaju moguće je da su fibule zajedno sa spakovom odećom položene u predelu karlice, a u drugom su fibule možda korišćene za fiksiranje krajeva platna u koje je umotan pokojnik.

U gore priloženoj tabeli možemo videti da predeo nogu predstavlja najčešće mesto polaganja krstastih fibula. Ovakvo pozicioniranje fibule je na Viminacijumu potvrđeno u 17 slučajeva. Stavljanje fibule (zajedno sa odevnim predmetima) pored nogu pokojnika, Burger smatra pokazateljem da se u ovim slučajevima radi o jevrejskom funeralnom kultu.¹¹ Autor navodi da se u ovim grobovima koje smatra jevrejskim i čija je orijentacija zapad-istok ili severozapad-jugoistok (u pravcu jerusalimskog hrama, što pretstavlja bitnu karakteristiku jevrejskog funeralnog kulta) po pravilu ne nalazi novac.¹²

Običaj stavljanja fibula pored nogu pokojnika na viminacijumskim nekropolama je zabeležen

11. Burger 1966, 161-162.

12. Burger 1966, 161.



još tokom II i III veka. Pored ovde pomenutih krstastih fibula kod nogu pokojnika je pronađeno još 18 primraka koji se mogu podeliti u 15 tipova. Smatram da fibule stavljene pored nogu pokojnika ne mogu sa sigurnošću da ukažu da se radi o pripadniku jevrejske nacionalnosti, jer je u 9 slučajeva sa fibulama pronađen i novac, a u dva slučaja grobovi su orijentisani istok-zapad, što se kosi sa gore pretstavljenim tvrdnjama Burger.¹

Brojčani odnos krstastih fibula razvrstanih po lokalitetima na kojima su nađene najbolje se može sagledati na grafikonu sa prethodne strane.

Kao što se može videti na grafikonu, na lokalitetu „Pećine“ nađeno je 40, a na lokalitetu „Pirivoj“ 13 primeraka. Krstaste fibule koje potiču iz grobova na lokalitetu „Kod bresta“ su zastupljene sa dva primerka, dok je na lokalitetima „Velika kapija“, „Više grobalja“ i „Na rupi“ nađen po jedan komad. Ova činjenica jasno ukazuje da se nekropole „Pećine“ i „Pirivoj“ (treba imati u vidu da je na lokalitetu „Pirivoj“ do sada ukupno istraženo 304 groba) i tokom IV veka koriste dosta često, za razliku od ostalih nekropola koje još sredinom III veka gube na značaju. Ovo mišljenje potvrđuje i navod Zotović, da je na teritoriji nekropole „Više grobalja“ tokom IV veka formirano ruralno naselje.² Na lokalitetu „Pirivoj“ krstaste fibule su nalažene samo u neposrednoj blizini mauzoleja. U istočnom delu ove nekropole, formirane oko komunikacije koja vodi od istočne kapije logora dalje na istok (koja je iskopavanjima i potvrđena), krstaste fibule do sada nisu nađene.

Ova dve nekropole zanimljive su još i zbog izuzetno visokog procenta krstastih fibula nađenih u grobovima u odnosu na fibule iz sloja. Na nekropoli „Pirivoj“ on iznosi 86, dok na nekropoli „Pećine“ čak 90 procenata. Ovaj procenat je kod drugih tipova fibula na Viminaciju neuporedivo niži. Razlog za ovo verovatno leži u činjenici, da ove dve nekropole krajem IV veka izlaze iz upotrebe, te dakle ne postoje mlađi grobovi koji bi svojim ukopom oštećivali grobove sa krstastim fibulama.

ZAKLJUČAK

Ovde prezentovane krstaste fibule nađene unutar grobova neke od viminacijumskih nekropola broje 55 primeraka. Ovom broju treba dodati i 3 fibule do čijih podataka nisam uspeo da dođem tako da one nisu uključene u rad.

Fibule ovog tipa su najčešće izrađene od bronce, dok su luksuzni primerci izrađeni od zlata, srebra i pozlaćene bronce. Ovakvi primerci su ornamentisani medaljonima sa likom cara i članova njegove porodice kao i natpisima različitog karaktera. Ove fibule su u različitim prilikama od strane cara poklanjane velikodostojnicima, oficirima i činovnicima. Pojas i krstasta fibula, predstavljaju obavezan deo vojne uniforme, a rado su nošene i od strane civilnog činovništva, što je i dokumentovano prilikom istraživanja viminacijumskih nekropola. Fibule ovog tipa su upotrebљavane prvenstveno od strane muškaraca, ali se mogu naći i u grobovima žena i tada pretstavljaju nasleđene predmete.

Pored desnog i levog ramena, kao mesto gde su krstaste fibule najčešće polagane unutar groba treba pomenuti noge pokojnika. Ovu praksu je Burger tumačila kao pokazatelj da se u tim slučajevima radi o jevrejskom funeralnom kultu, što su opovrgli dokazi otkriveni na nekropolama Viminacija.

Na osnovu brojnosti ovih fibula na lokalitetima „Pećine“ i „Pirivoj“ došao sam do zaključka da su jedino ove dve nekropole (ili bar njihovi delovi) korišćene tokom IV veka.

Krajem III veka krstaste fibule evoluiraju iz T fibula sa šarnirom. Tokom IV veka one se šire po čitavoj teritoriji carstva i ne retko čak prelaze njegove granice. Na teritoriji Viminacija njihova upotreba se datuje u IV vek.

Varijanta 1: T. I/1-6

Fibule ove varijante najčešće imaju poprečnu gredu šestougaonog preseka sa ili bez ukrasa na gornjoj strani. Okrugle ili jajolike lukovice imaju izduženi oblik. Luk trapezoidnog preseka je

1. Redžić 2006, 161.

2. Zotović, Jordović 1990, 2.

ponekad ukrašen sa gornje strane. Stopa ukrašena linearnim motivima i facetiranjem je obično kraća od luka.

U Gornjoj Meziji ovakve fibule su najčešće skoncentrisane uz Limes. Keler ih opredeljuje u svoj tip 1 (sa podgrupama A i B) i datuje od 290. do 320. godine.³ Za razliku od A (naše fibule broj 1-4) podgrupa B ima plastični ukras na gornjoj strani poprečne grede (fibule 5-6). Slično Keleru i Pratel ovu varijantu opredeljuje u svoj tip I koji datuje od 280. do 320. godine.⁴

Ovu varijantu fibula prema obliku lukovica koje još nisu u potpunosti poprimile oblik zrele glavice luka i novcu Licinija I koji je nađen sa primerkom broj 3 treba opredeliti u najstariju fazu koja se na Viminacijumu datuje u početak IV veka.

Varijanta 2: T. II/7-12

Fibule ove varijante imaju obično facetirane lukovice, mada to ne mora da bude pravilo. Ovu varijantu je Pratel uglavnom opredelio u svoj tip 2 sa varijantama od A do D. Njegova varijanta A nema facetiranu lukovicu, a na stopi ima geometrijske ukrase (naše fibula broj 7). Varijanta B ima facetirane lukovice i može imati linearne ili kružne motive na stopi (naše fibule broj 8-10). Kružni motivi nisu zastupljeni u našoj zbirci. Varijanta D je karakteristična po postojanju «kragne» na prelazu luka u stopu.⁵ Ovakav ornament karakteriše i našu fibulu broj 11 koja ima konične, facetirane lukovice, dok je stopa ornamentisana geometrijskim motivima.

Keler je ovu varijantu opredelio kao svoj tip 2 koji datuje od 310. do 350. godine.⁶

Pratel datuje varijante A i B od 300. do 340. godine, a varijantu D u drugu trećinu IV veka.⁷ Fibula broj 12 ima facetirane lukovice i na stopi trapezoidne ukrase koje Pratel ne pominje u okviru svog tipa 2, već ga svrstava u tip 3/4 (varijanta D) koji pak nema facetirane lukovice.

3. Keller 1971, 35, Abb. 12.

4. Pröttel 1988, 372, Abb. 11.

5. Pröttel 1988, 353, Abb. 2, 1-4, Abb. 3, 1-6.

6. Keller 1971, 35-36.

7. Pröttel 1988, 357.

Najmlađi novac koji je nađen u grobovima zajedno sa fibulama 7 i 9 iskovan je tokom četvrte decenije IV veka, tako da ovu deceniju, a verovatno i njoj prethodnu treba označiti kao vreme kada je ova varijanta bila u upotrebi.

Varijanta 3:

T. III/13-18; T. IV/19-22; T. V/23-26; T. VI/27-30; T.VII/31-34; T.VIII/35-38; T. IX/39-42; T. X/43-46; T. XI/47-50; T.XII/51;

Fibule ove varijante imaju lukovice koje svojim oblikom podsećaju na glavicu luka. Luk fibule je kraći od stope i često uži od nje. Fibule broj 16, 17, 18, 19, 43 imaju unutar držača igle pločice protiv neželenog otkopčavanja koja kod primeraka broj 19 i 43 nedostaje, ali je svakako postojala sudeći prema perforaciji na stopi.

Pratel je ovakve fibule opredelio u svoj tip 3/4 koji datuje od druge četvrtine IV veka do početka V veka koji je prema ukrasu na stopi podelio na četiri varijante (A-D). Njegova varijanta A datovana u drugu četvrtinu IV veka ima na stopi geometrijske ukrase (fibule broj 13-15). Vasić ne isključuje mogućnost da ovaj oblik fibula ne prelazi 340. godinu.⁸ Pratelova varijanta B, datovana u drugu polovinu IV veka, ima na stopi ukrase kružnog oblika (fibule broj 16-40). Ovako ornamentisane fibule se na teritoriji Viminacijuma javljaju početkom četvrte decenije i traju do kraja šeste decenije IV veka. Varijanta C ima na stopi ukrase izvedene volutama (fibule 41-44 od kojih su svi primerci pozlaćeni), dok varijantu D opredeljuju trapezoidni ornamenti (fibule broj 45-49). Autor za varijante C i D ne navodi uža datovanja u okviru tipa, ali smatra da su volute stariji način ukrašavanja iz kojih proističe trapezoidni ornament tipičan za varijantu D.⁹

Keler fibule ove varijante svrstava u svoje tipove 3 (od 340. do 360. godine) i 4 (od 350. do 380. godine).¹⁰

Vasić smatra, da fibule čija je stopa ornamen-

8. Vasić 2001,191.

.9 Pröttel 1988, 359-364.

10. Keller 1971, 35, Abb. 12.

tisana volutama u obliku «pelti» treba izdvojiti u poseban tip koji on datuje od 308. do približno 336/7. godine.¹ Isti autor navodi bronzanu fibulu sa pozlatom nađenu na lokalitetu «Pećine» u grobu G-1178 zajedno sa novcem iskovanim u vremenskom intervalu od 320. do 329/30. godine.² Obradom ovog novca ustanovljeno je da je iskovan u Arlu 321. godine (RIC 233). Luk i stopa ovog primerka su ukrašeni u *Niello* tehnici.³ Do ovog primerka nisam uspeo da dodem, te stoga on nije uključen u rad.

Na osnovu novca nađenog zajedno sa fibulama ove varijante, koji je kovan za Konstantina i članove njegove porodice (naše fibule broj 18, 23, 24, 33, 36, 37, 39, 43, kao i gore pomenuta fibula ukrašena u *Niello* tehnici). Smatram da ove fibule na Viminaciju treba datovati od početka treće pa do kraja šeste decenije IV veka.

Varijanta 4: T. XII/52-53

Fibule ove varijante imaju lukovice u obliku glavice luka. Luk fibule je kratak i masivan. Stopa fibule je ukrašena volutama. Oba primerka su izrađena od pozlaćene bronce.

Pratel je ovakve fibule opredelio u svoj tip 5 koji datuje od 350. do 415. godine.⁴

Keler ovakve fibule pripaja svom tipu 5 datovanom od 370. do 400. godine.⁵

Uzevši u obzir promene nastale na ovim fibulama, koje ih donekle čine različitim od fibula prethodne varijante, ali i nalaz primerka broj 52 unutar istog groba zajedno sa fibulom broj 27 varijante 3, smatram da njihovu upotrebu na teritoriji Viminacija treba opredeliti u sredinu IV veka.

Varijanta 5: T. XII/54-55

Sve fibule ove varijante su izrađene od pozlaćene bronce i imaju facetirane lukovice. Luk im je kao i kod prethodne varijante kratak i masivan. Ažurirana stopa fibule je ukrašena volutama.

1. Vasić 2001, 195.

2. Vasić 2001, 185.

3. Spasić-Đurić 2002, 96-98, sl. 79.

4. Prötzel 1988, 364-369.

5. Keller 1971, 35, Abb. 12.

Pratel je slične fibule uvrstio u svoj tip 6 koji kronološki opredeljuje od 390. do 460. godine.⁶

Keler fibule ove varijante svrstava u svoje tipove 6 koje datuje u prvu polovinu V veka.⁷

Fibule ove varijante na Viminaciju treba datovati u drugu polovinu IV veka.

RESUME

Cross-like Fibulae in Graves of the Viminacium Cemetery

In this paper 55 examples of cross-like fibulae are presented, which were found in graves of some of the necropoles at Viminacium. Another three examples of such fibulae should be added to this number, although due to incapability to gain access to them the author did not include them in this paper.

Fibulae of this type are mostly made of bronze, while some of the luxurious examples were made of gold, silver and silver coated bronze. Such examples are decorated with medallions bearing images of emperors and members of their families, as well as with various inscriptions. On different occasions, such fibulae were donated as presents to dignitaries, military officers and officials.

A belt and a cross-like fibula present an obligatory part of military uniforms, although they were also worn by civilians, which was documented while investigating the Viminacium necropoles. They were mostly worn by men, but they can sometimes be found in female graves, when they represent inherited objects.

Beside left and right shoulder, where such fibulae were mostly found within graves, they were also found beside feet. Burger considered this practice as Jewish funeral cult, but this was denied by the Viminacium finds.

According the number of the fibulae found at the sites „Pećine“ and „Pirivoj“ the author was able to conclude that these necropoles, or at least

6. Prötzel 1988, 369-372.

7. Keller 1971, 52.

some parts of them, were frequently in use during 4th century.

At the end of 3rd century the cross-like fibulae derive from the “T” shaped fibulae with hinge. During 4th century they were spread throughout the Roman empire, sometimes even outside its borders. At the territory of Viminacium they are dated into 4th century.

Translated by M. Tapavički-Ilić

BIBLIOGRAFIJA

Bojović 1983

D. Bojović, *Rimske fibule Singidunuma*, Beograd 1983.

Saria 1928

B. Saria, Fibeln mit Sperrvorrichtung, *Vjesnik hrvatskog arheološkog društva*, sveska XV, Zagreb 1928, 73-80.

Spasić-Đurić 2002

D. Spasić-Đurić, *Viminacijum glavni grad rimske provincije Gornje Mezije*, Požarevac 2002.

Vasić 2001

M. Vasić, Osvrt na nalaz IV veka iz Starčeva, *Zbornik Narodnog muzeja*, broj XVII-1, Beograd 2001, 175-201.

Zotović, Jordović 1990

Lj. Zotović, Č. Jordović, *Nekropola „Više Grobalja“*, *Viminacium I*, Beograd 1990.

Burger 1966

A. S. Burger, The late Roman Cemetery at Sárgvár, *Acta archaeologica academieae scientiarum hungaricae* 18, Budapest 1966.

Генчева 2004

Е. Генчева, *Римските фибули от България*, Велико Търново 2004.

Keller 1971

Die spätrömischen Grabfunde in Südbayern, *Münchener Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte, Band 14*, München 1971.

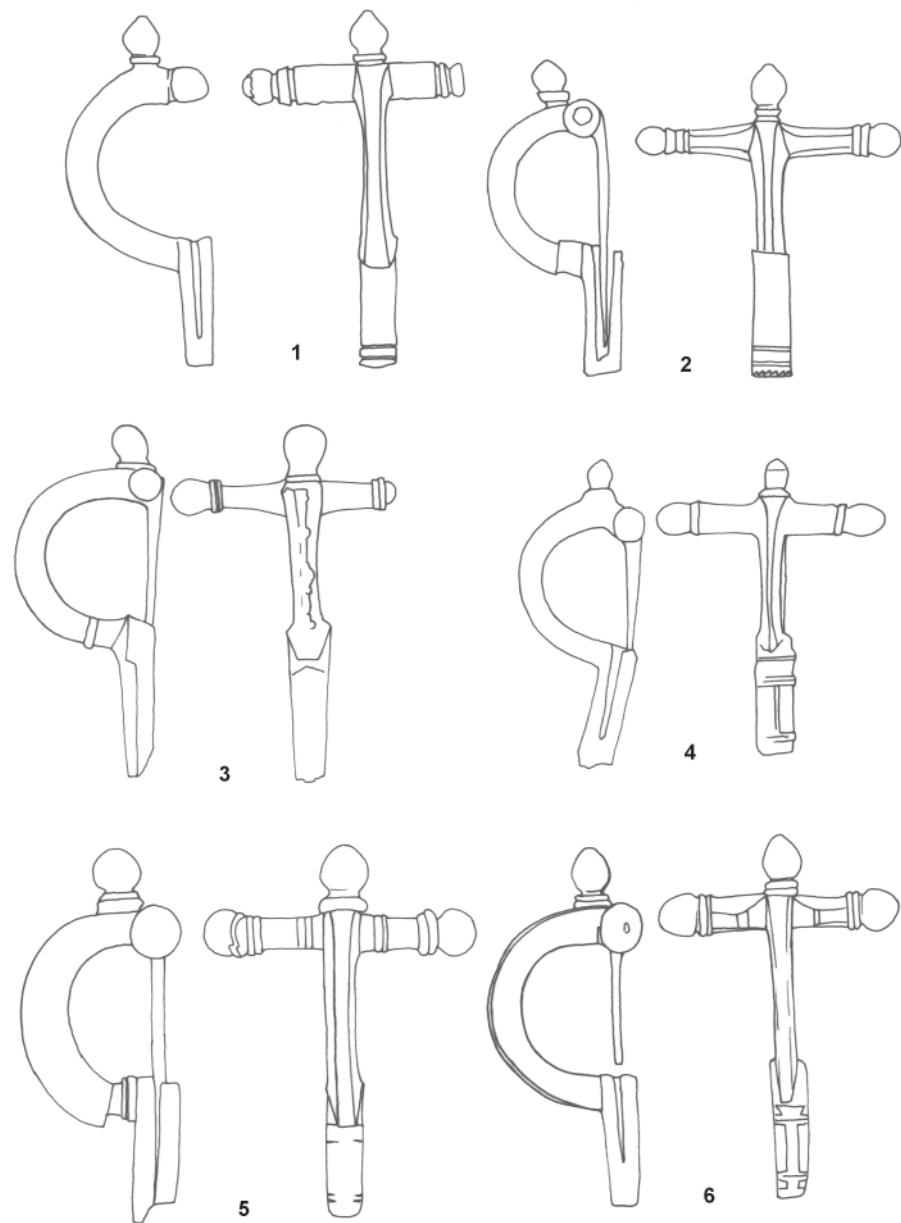
Pröttel 1988

P. M. Pröttel, Zur Chronologie der Zwiebelknopffibel, *Jahrbuch des Römischen-Germanischen Zentralmuseums Mainz*, 35. Jahrgang, Teil 1, Mainz 1988, 347-372.

Redžić 2006

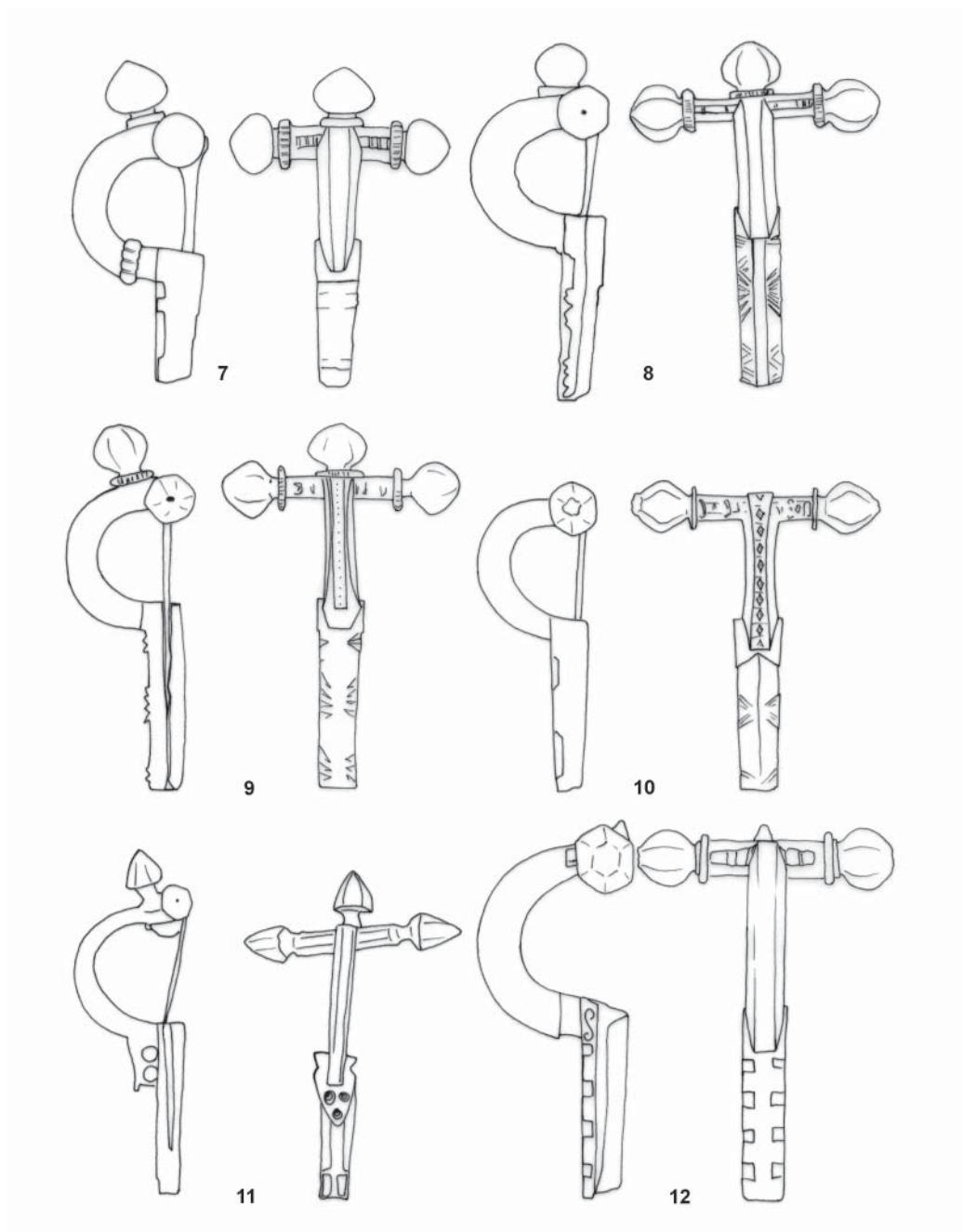
S. Redžić, *Nalazi rimskih fibula na nekropolama Viminacijuma*, magistarska teza u rukopisu, Beograd 2006.

T. I



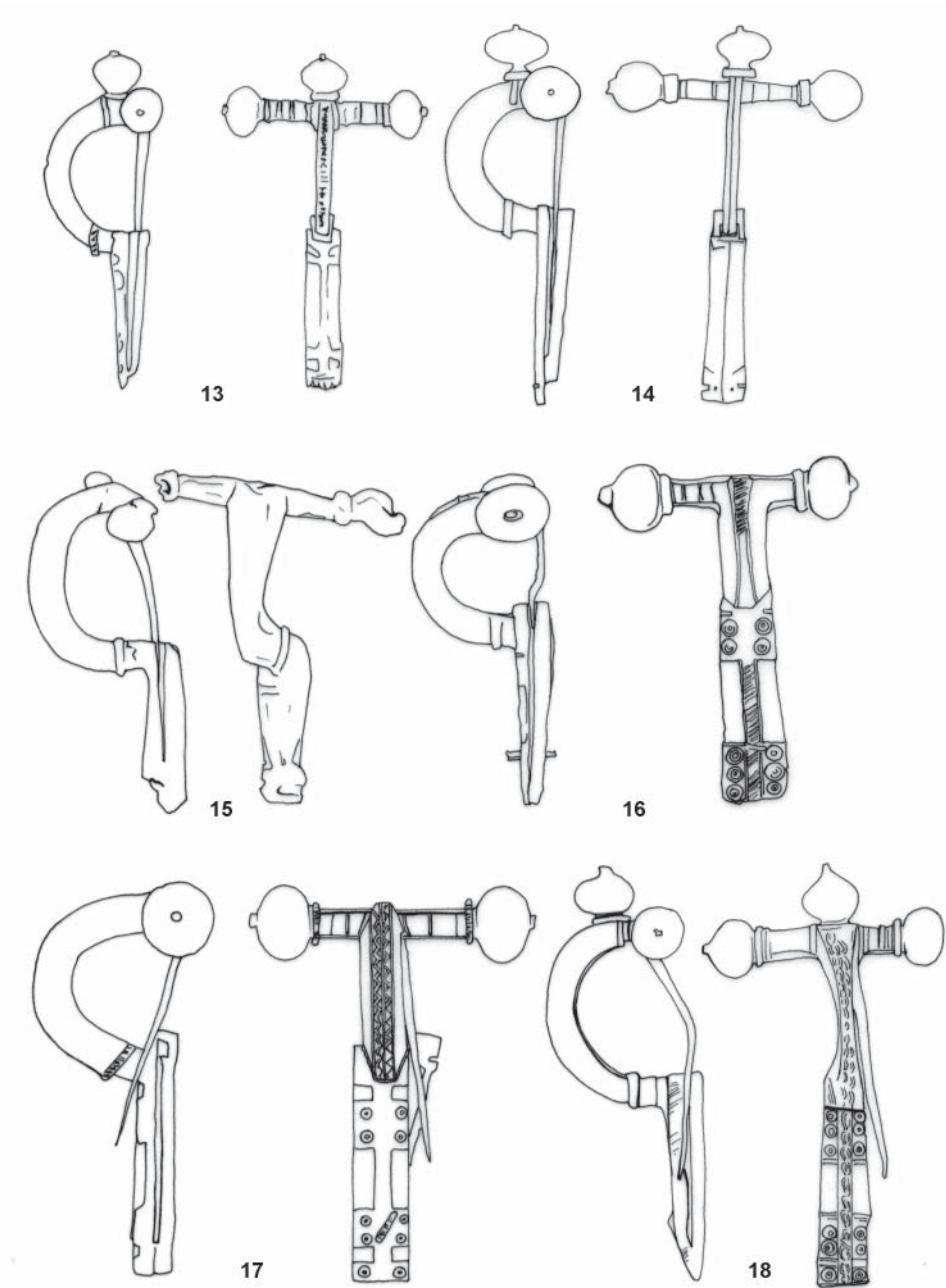
R 2:3

T. II



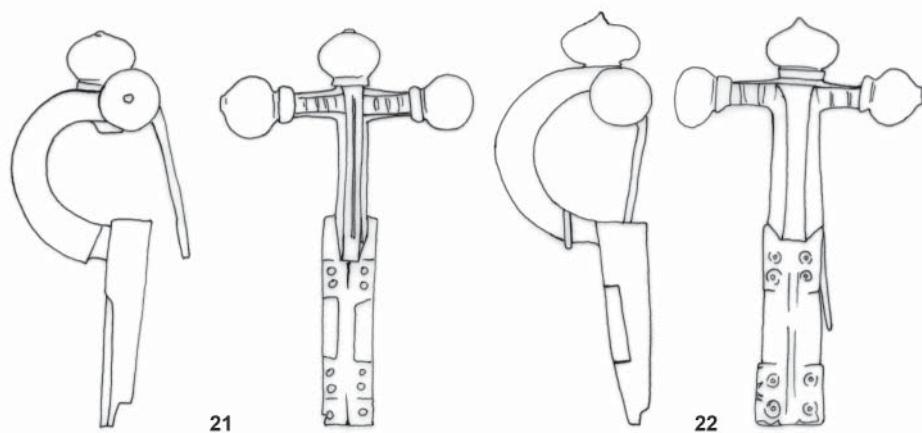
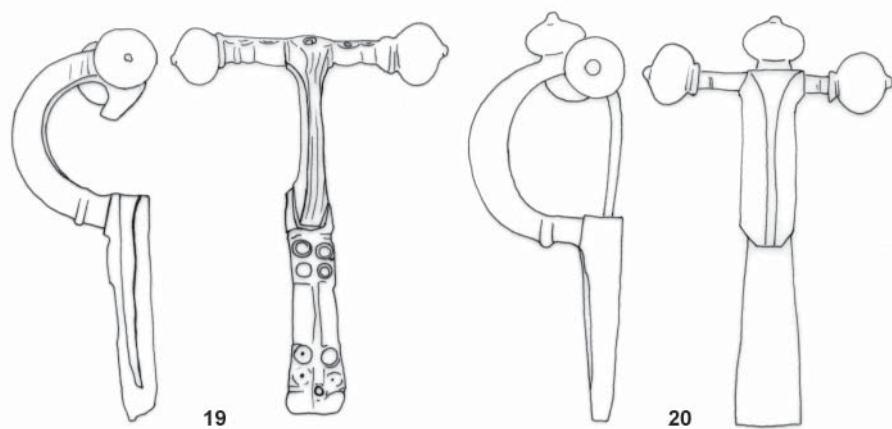
R 2:3

T. III



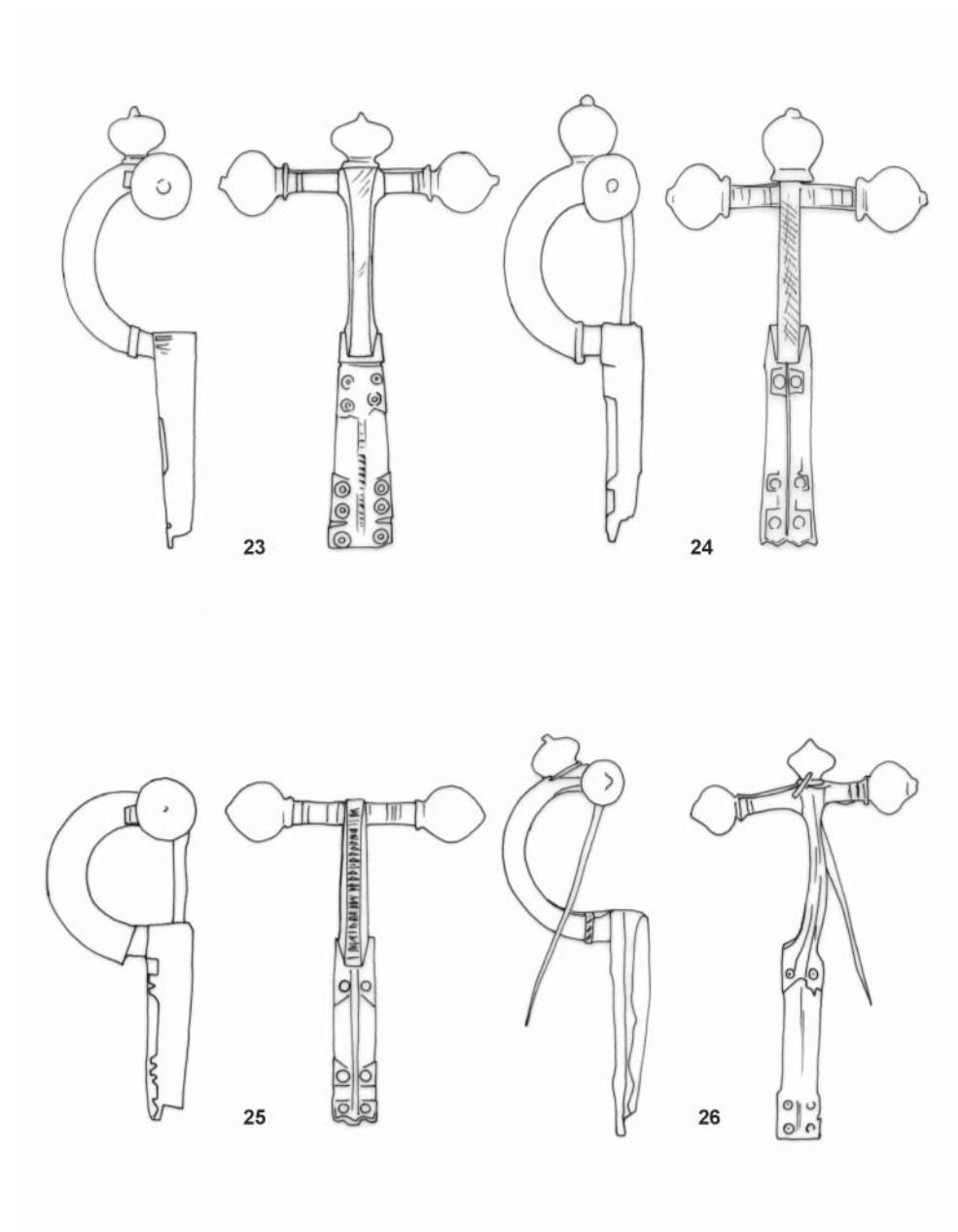
R 2:3

T. IV



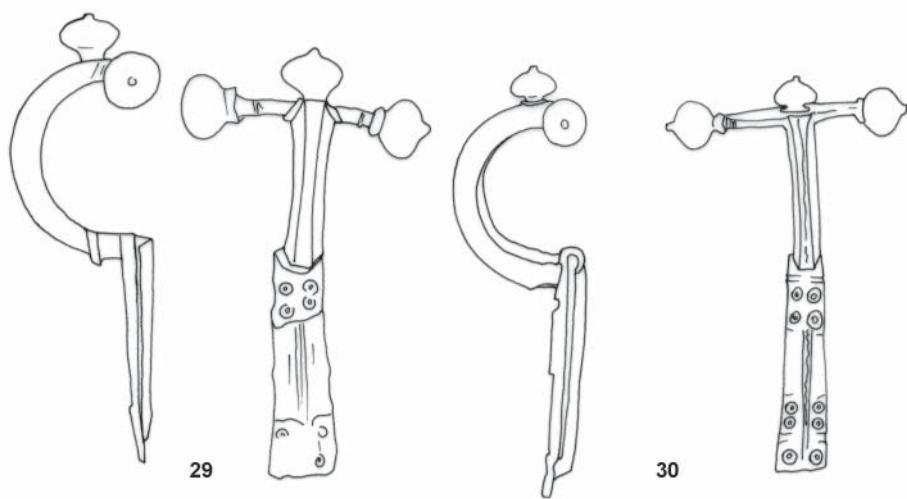
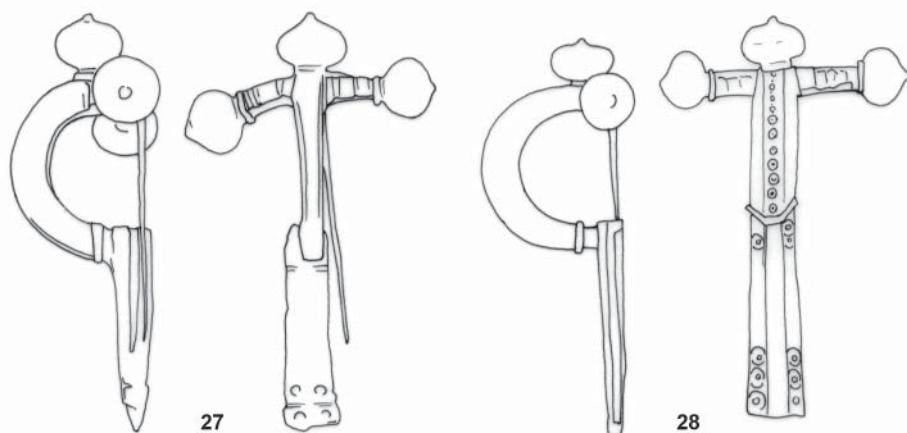
R 2:3

T. V



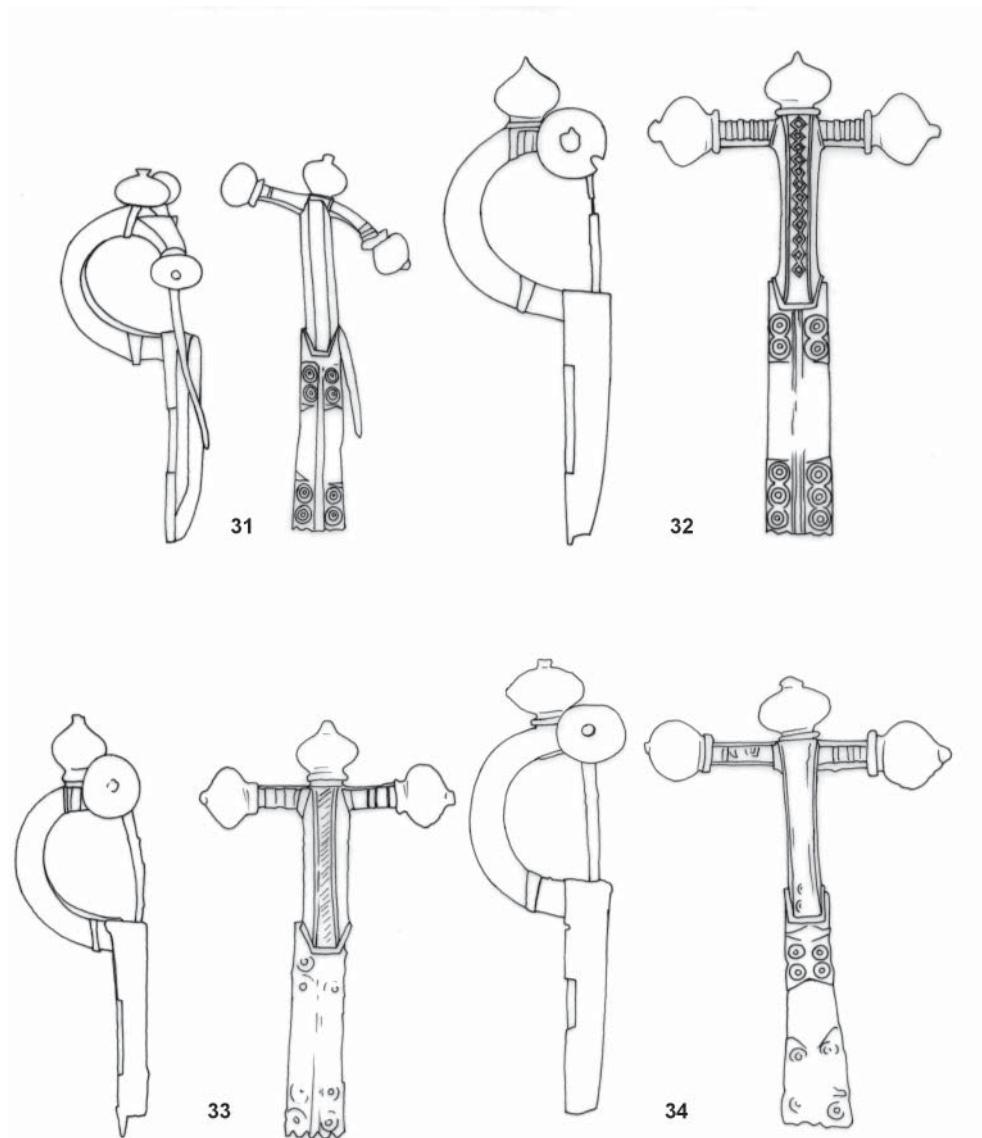
R 2:3

T. VI



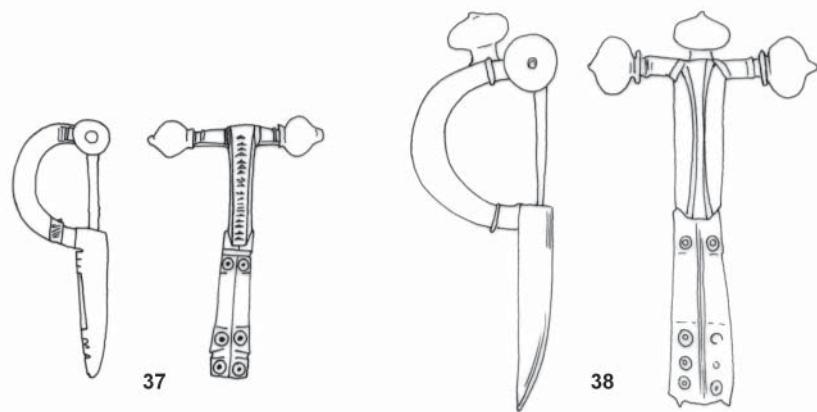
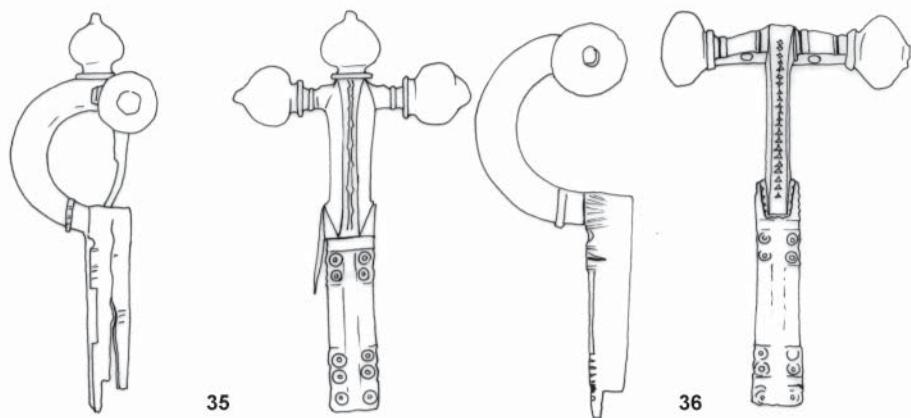
R 2:3

T. VII



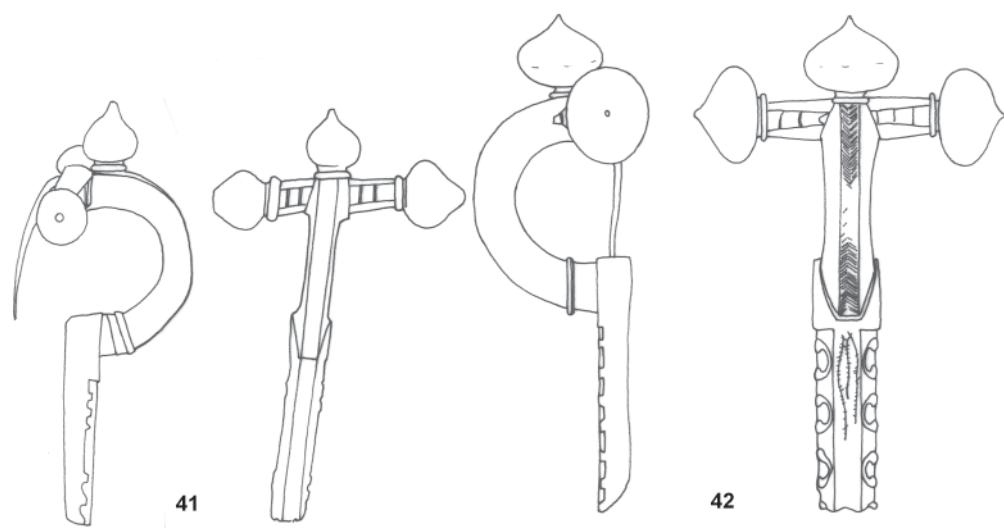
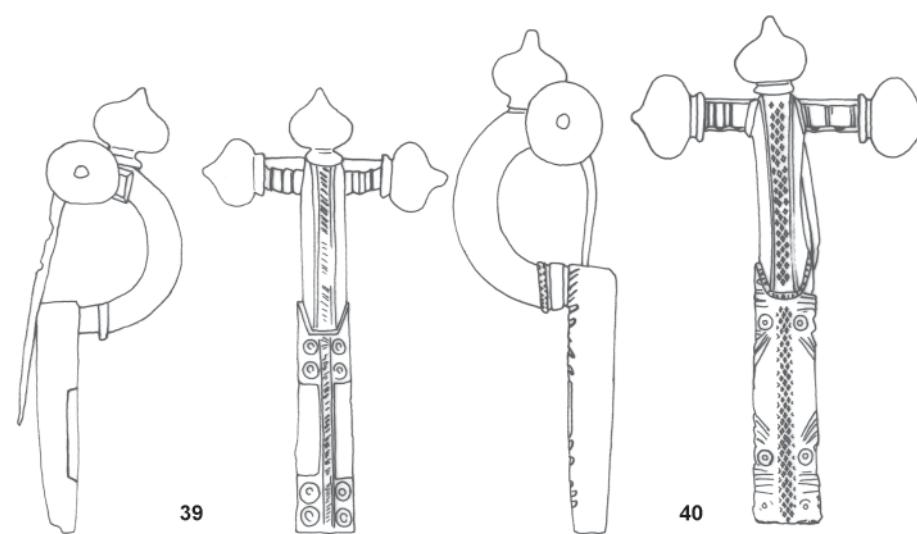
R 2:3

T. VIII



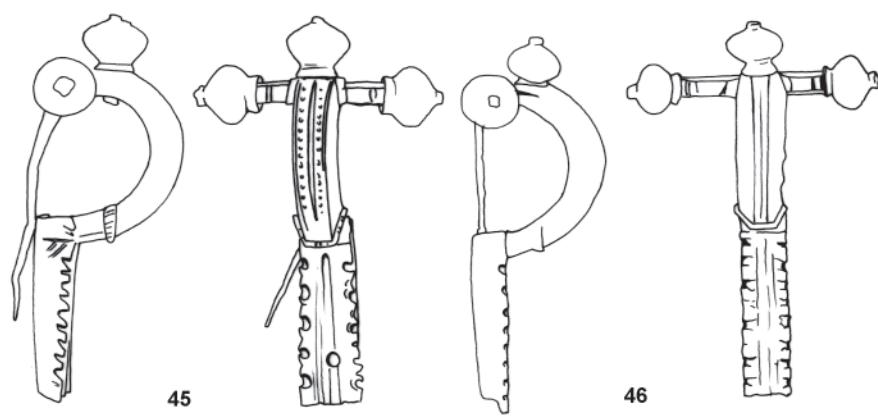
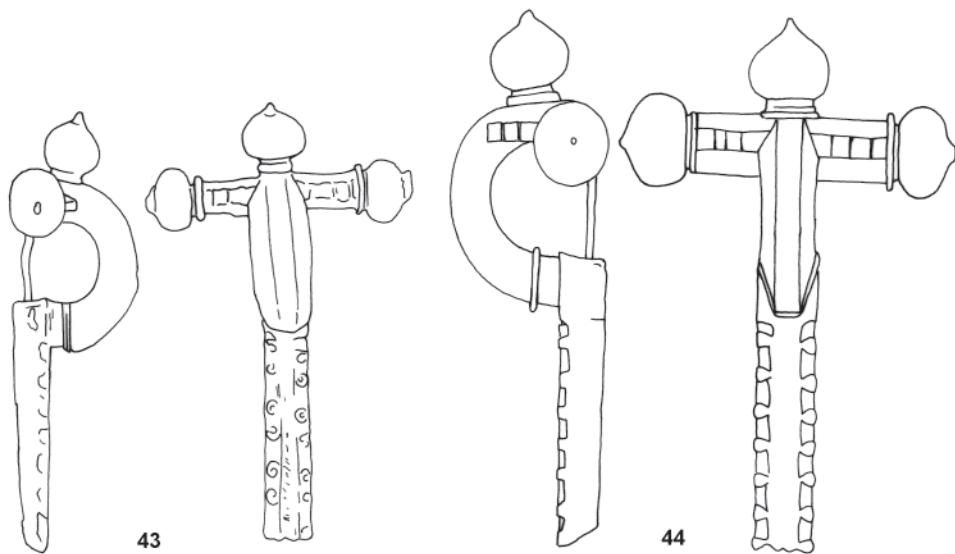
R 2:3

T. IX



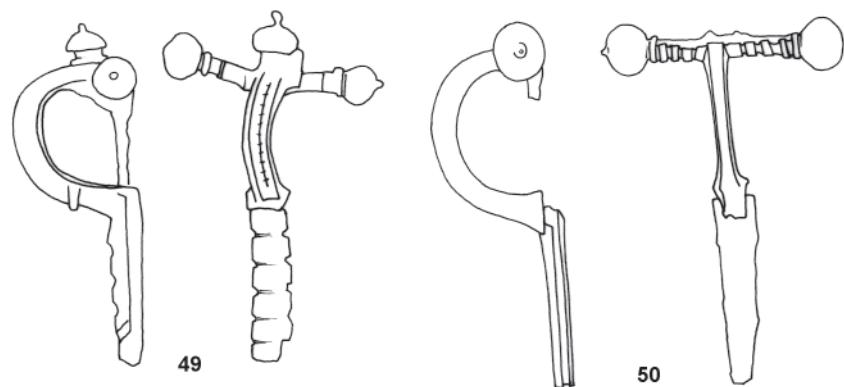
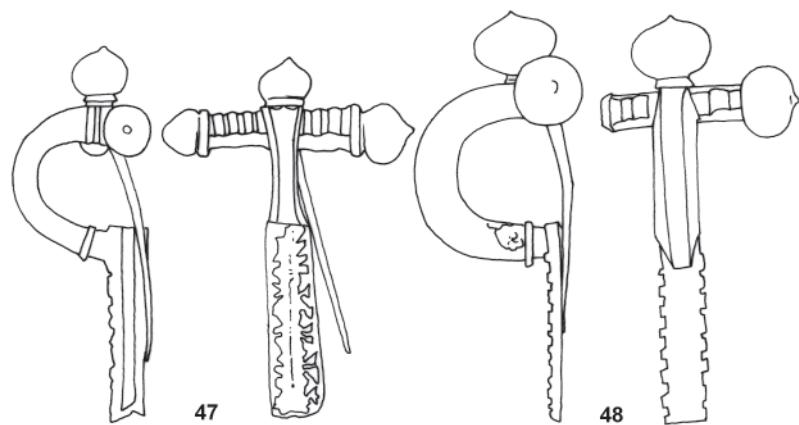
R 2:3

T. X



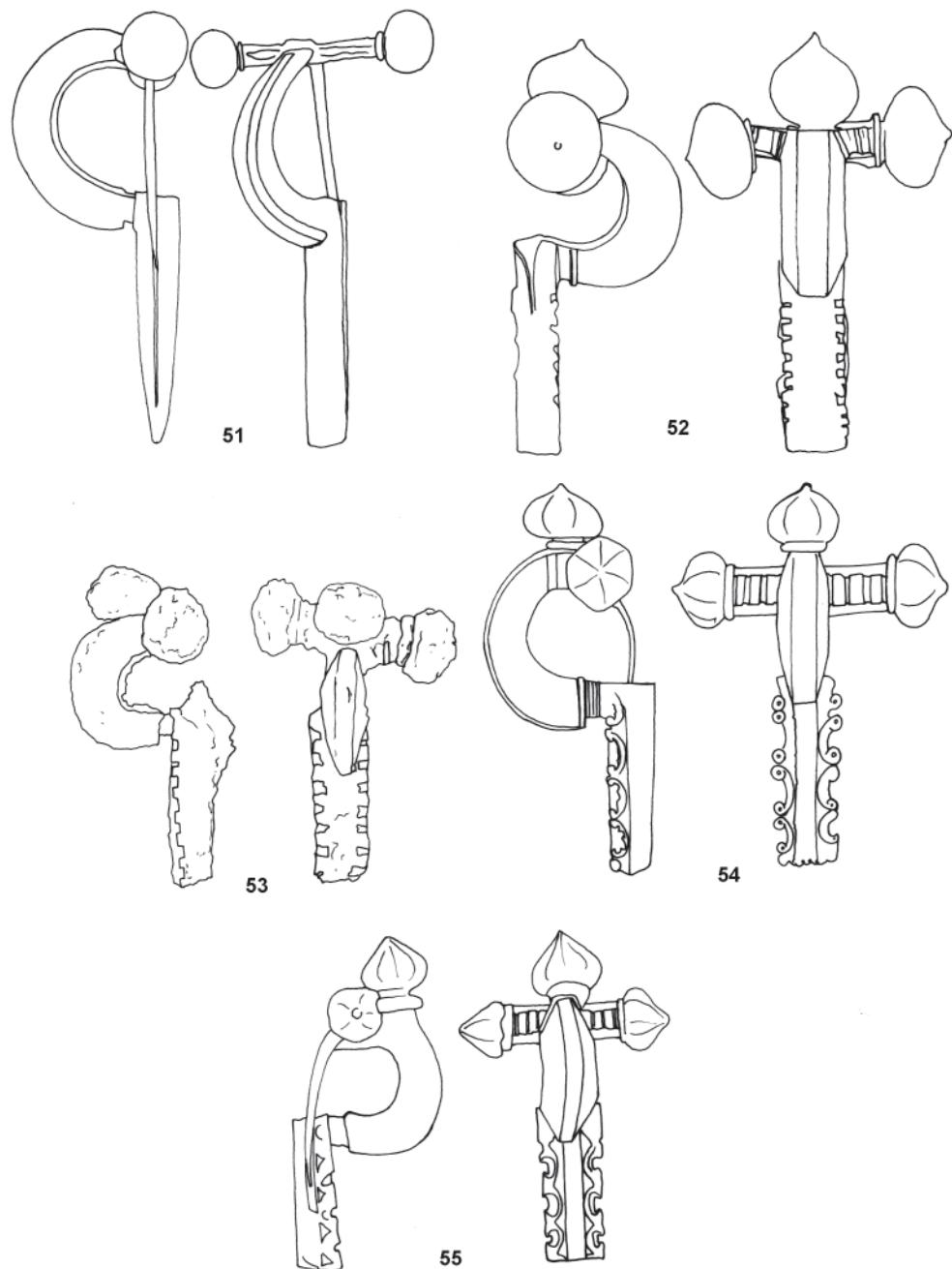
R 2:3

T. XI



R 2:3

T. XII



R 2:3

Olivera Ilić
Arheološki institut Beograd

UDK 904:27-524(398)"03/06"



RANOHRIŠĆANSKI IMPORT NA TERITORIJI SEVERNOG ILIRIKA U PERIODU OD IV DO POČETKA VII VEKA

ABSTRAKT

U radu su prezentovani ranohrišćanski predmeti koji su importovani iz različitih delova kasnorimskog Carstva. Najveći broj potiče sa istoka: Male Azije, Sirije ili Egipta, dok je manji broj predmeta izrađivan u nekom od zapadnih radioničkih centara. Proizvodi poreklom iz Male Azije, Sirije, Palestine i Egipta dobavljeni su Istočnim pomorskim putem, preko Egeja, a predmeti koji su izrađivani u Italiji ili Dalmaciji pristizali su Zapadnim putem, najčešće preko Jadranskog mora.

KLJUČNE REČI: RANOHRIŠĆANSKI PERIOD, LITURGIJSKI PREDMETI, IMPORT, SEVERNI ILIRIK

U razvoju autohtonog stanovništva u oblasti centralnog Balkana, hrišćanstvo je imalo značajnu i ponekad odlučujuću ulogu. Nakon Milanskog edikta 313. godine nova religija je prihvaćena u Rimskom carstvu, postajući nešto kasnije u vreme Gracijana i Teodosija I (379. i 383. god.) državna religija Carstva. Crkvena organizacija u važnijim gradskim središtima u provincijama: *Moesia Prima*, *Dardania*, *Praevalis*, *Dacia Ripensis* i *Dacia Medierranea*, omogućila je širenje hrišćanstva u oblasti južno od Dunava i Save.

Iako su istraživanja u oblasti ranohrišćanske arheologije u Srbiji, započela još krajem XIX veka, tek su poslednjih decenija postignuti značajniji rezultati.¹ Istraživane su veće urbane aglomeracije, 1. Evans 1883; Валтровић 1886, 70-71; Валтровић 1891а, 130-142; Валтровић 1891б, 109-130; Јеремић,

(*Sirmium*, *Singidunum*, *Viminacium*, *Romuliana*, *Naissus*, *Ulpiana*, *Aquae*, *Remesina* etc.), kao i fortifikacije na Dunavskom limesu, ali i dublje u unutrašnjosti.² Nažalost, nemoguće je u ovom kratkom prilogu prikazati sve što je istraženo do sada, tako da je nužno izvršiti selekciju prikupljenog materijala, koji je ponekad loše protumačen ili publikovan u domaćim časopisima nedovoljno poznatim naučnicima iz drugih zemalja (karta 1).

Arheološki materijal sa istraživane teritorije ukazuje na nekoliko bitnih činjenica:

- pre svega na centre i oblasti odakle se

2004, 43-75; Јеремић 2006, 115-131.

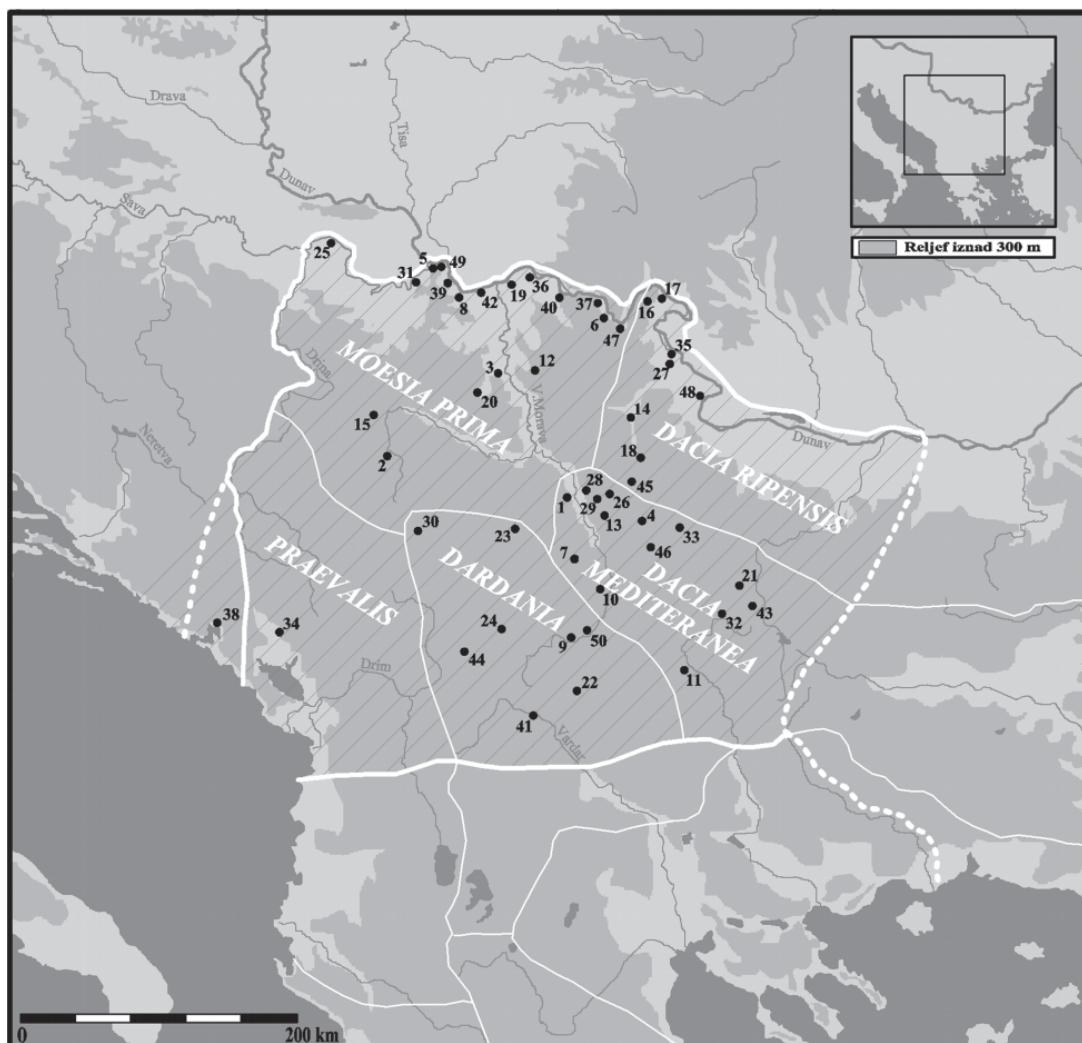
2. Do sada je pronađeno oko 260 predmeta na prostoru Srbije i Crne Gore koji se mogu opredeliti kao ranohrišćanski prema svojoj funkciji ili dekorativnom sadržaju.

hrišćanstvo širilo na prostoru severnog Ilirika. Novija arheološka istraživanja donela su na svetlost dana čitav niz ranohrišćanskih nalaza izrađivanih u radionicama koje potiču iz različitih delova Carstva. Kao rezultat brojnih trgovачkih veza koje su postojale unutar Rimskog carstva oni

su importom stizali i u oblast Centralnog Balkana. Njihova relativna brojnost na prostoru severnog Ilirika ukazuje na već znatan stepen hristijanizacije na ovom prostoru u vremenskom periodu od IV do početka VII veka.

U kategoriju ranohrišćanskog importa, najpre

Karta 1: Nalazišta IV - VII veka



1. Balajnac	11. Ćustendil	21. Kostin Brod	31. Ostružnica	41. Skoplje
2. Baljevac na Ibru	12. Despotovac	22. Kumanovo	32. Pernik	42. Smederevo
3. Batočina	13. Gadžin Han	23. Kuršumlija	33. Pirot	43. Sofija
4. Bela Palanka	14. Gamzigrad	24. Lipljan	34. Podgorica	44. Suva Reka
5. Beograd	15. Gradina na Jelici	25. Mačvanska Mitrovica	35. Prahovo	45. Svrljig
6. Boljetin	16. Hajdučka Vodenica	26. Manastir	36. Ram	46. Štrbovac-Babušnica
7. Bregovina	17. Karataš	27. Negotin	37. Ravna	47. Veliki Gradac
8. Brestovik	18. Knjaževac	28. Niš	38. Risan	48. Vidin
9. Bujanovac	19. Kostolac	29. Niška Banja	39. Ritopek	49. Višnjica
10. Caričin Grad	20. Kragujevac	30. Novi Pazar	40. Saldum	50. Vranje

Prema: Villes et peuplement dans l'Illyricum protobyzantin, Rome 1984.

treba izdvojiti predmete koji su služili kao liturgijsko posuđe - pehari, zdele, kašike korišćene tokom evharistije, kadionice, relikvijari, ampule itd. Ovi predmeti su na svoj način pokazivali ekonomsko stanje crkvene zajednice kojoj su pripadali i bili su pažljivo skrivani u vremenima napada varvarskih plemena koji su sve češće nadirali na granice Carstva.

Kada govorimo o posuđu namenjenom liturgijskim obredima izuzetan nalaz predstavlja ostava srebrnih posuda iz Viminacijuma koji je postao glavni grad provincije *Moesiae Primae* krajem III veka. Ostava se sastoji od pet srebrnih pehara na elegantnoj koničnoj stopi (sl. I/1, 2, 3, 4, 5).

Postoje brojni pehari sličnih oblika, koji potiču sa čitavog područja Carstva, koji se na osnovu kontrolnih pečata ili stila izrade najčešće datuju u VI vek.¹

U poznatoj ostavi iz Kanošija (*Canoshio*)² u Italiji nailazimo na slične tipove posuda koje su najverovatnije služile tokom evharističkih obreda.³ Pored ovih iz Italije, na pehare iz Viminacijuma podseća i jedna hemisferična zdela na visokoj nozi pronađena u Kartagini, a koja se čuva u Britanskom muzeju u Londonu.⁴ Profilacija stope srebrnog pehara nađenog u blizini Antiohije koji se prema pet identifikovanih pečata datuje u vreme Justinijana I (527-565) veoma je slična stopi viminacijumske srebrne posude.⁵ Danas se čuva u Dumbarton Oaks Collection u Vašingtonu.

Treba pomenuti i fragment srebrnog pehara sa šupljom stubastom stopom koji potiče iz *Naissus-*

a, administrativnog, ekonomskog i kulturnog centra provincije *Dacia Mediterranea* (sl. II/1). Za ovaj primerak možemo reći da je izrađen izuzetno kvalitetno i da pokazuje visoko umeće majstora poreklom verovatno iz neke od istočnih radionica. Datuje se u IV-V vek.

Iz Viminacijuma takođe potiče mala srebrna posuda u obliku kalotaste zdele na visokoj prstenastoj nozi sa širokim i ravnim obodom oivičenim nizom kuglica koje su zalemljene za ivicu oboda (sl. III/1). Naknadno urezan Hristov monogram sa donje strane vertikalne stope, ukazuje na hrišćansku atribuciju ove zdele. Ovaj tip zdela poznat je kao *Schlüssel mit Kugelrandverzierung* i nalaže se na širokoj teritoriji u poznatim ostavama tog perioda od Britanije do zemalja Sredozemlja. Identičan primerak potiče iz Kerča na Krimu (*Panticapaeum*) koja se datuje u kasni IV ili početak V veka.⁶

Još jedna zdela istog tipa predstavlja deo ostave srebrnog posuđa u okolini Latakije (*Latakya*) u Siriji koja se danas čuva u Umetničkom muzeju u Klivlendu u Ohaju.⁷ Iz Palmire (*Palmyra*), potiče nalaz sličan prethodno pomenutim, sada u Državnom muzeju u Berlinu.⁸ Kontrolni pečat na ovoj posudi, kao i na još jednoj vrlo bliskoj koja se čuva u Istorijском muzeju u Moskvi⁹ omogućava precizno datovanje u poslednju četvrtinu IV veka. Na osnovu svih ovih analogija mogli bismo i zdelu iz Viminacijuma datovati u isti vremenski okvir.

Iako su ove posude nalažene na širokoj teritoriji od istočnog Mediterana do Britanije, one se uglavnom vezuju za istočne radionice kasnorimskog Carstva.

Bogata kolekcija viminacijumskog posuđa sadrži još nekoliko tipova srebrnog posuđa čija je hrišćanska atribucija sasvim izvesna. Među njima izdvajaju se dve plitke zdele horizontalno profilisanog uskog oboda (sl. III/2, 4). Unutrašnja strana je polirana do visokog sjaja, sa naznačenim

1. Ross 1962, no. 9, pl. X; Dalton 1901, 80, cat. 361; grupa srebrnih predmeta pronađenih u oblasti Hame u severnoj Siriji sadrži pehare, zdele, kutlače i kašike korišćene u liturgijskim radnjama. Nešto reda su srebrne folije korišćene za pokrivanje crkvenog nameštaja, fenovi i lampe. Oficijelni pečati na ovim predmetima omogućavaju sasvim precizno datovanje. Mundell Mango 1986, 68-73, fig. 1, 2; Cradle of Christianity 2000, 88.

2. Poznata je ostava crkvenih predmeta iz Kanošija (*Canoscio*) u Italiji u kojoj su pored kašika sa naglašenom hrišćanskim simbolikom (riba, hristogram) pronađene i crkvene posude korišćene tokom evharističkih obreda.

3. Milošević 1970, 122.

4. Dalton 1901, 80, kat. br. 361.

5. Dodd 1961, 69, No 8.

6. Spätantike und frühbyzantinische Silbergefäße aus der Staatlichen Ermitage Leningrad, Berlin 1978, 134, Dok. Nr. 2, Abb. 42.

7. Mundell Mango 1998, 214, fig. 12.

8. Dodd 231, cat. 81a.

9. Dodd 231., cat. 82b.

središnjim delom oko koga je utisnut krug. Na spoljašnjoj strani dna, na dva suprotna kraja utisnut je pravougaoni pečat s latinskim krstom. Na obe strane dužeg kraka krsta su utisнутa slova B i Z. Slovo Z je najverovatnije početak aklamacije *ZESES*, grčki ekvivalent za *VIVAS*, koji je vrlo čest na ranohrišćanskim natpisima.¹ Zdele se datuju u VI vek.

Repertoaru kasnoantičkih zleta na visoko postavljenoj koničnoj šupljoj stopi pridružuje se i duboka zleta zadebljanog oboda koja je takođe nađena u Viminacijumu (sl. III/3). Krakovi krsta završavaju slovima C (gore), Z (dole), A (desno) O (levo). Ovakvi krstovi, monogrami, karakteristični su za Vizantiju VI veka i najčešće sadrže lična imena.² Monogram može da se pročita kao +ZOCA. Reč je o ličnom imenu koje bi moglo da se protumači kao žensko u nominativu ili kao muško u prisvojnom genitivu.³ Oba ova imena su česta u kasnoantičkoj onomastici i svojstvena su nižim društvenim slojevima, tako da možemo reći da je njihova pojавa na ovom ranohrišćanskom monogramu sasvim uobičajena.⁴

Zdele sličnih oblika sa monogramima u obliku krsta nalažene su u različitim delovima rimskog carstva i uglavnom se vezuju za istočne radionice.

Srebrne kašike predstavljaju važan deo pribora korišćen tokom liturgijskih radnji. Na prostoru severnog Ilirika otkriveno je pet primeraka srebrnih kašika, od kojih četiri gotovo istovetna primerka potiču iz Viminacijuma (sl. IV/1, 2, 3, 4), dok nalaz koji se nešto razlikuje svojim dekorativnim sadržajem potiče iz Gamzigrada (sl. IV/5). Kašike iz Viminacijuma čine deo ostave u kojoj su bile još dve srebrne posude prethodno pomenute (sl. III/2, 4).

Pripadaju tipu Desana prema ostavi pronađenoj u Desani u Italiji.⁵ Karakteristika ovog tipa kašika

1. Diehl 1961, 458; brojni su ranohrišćanski spomenici na kojima je prisutna aklamacija *ZESES*, odnosno latinski ekvivalent *VIVAS*.

2. Dodd 1961, 15; monogrami u obliku krsta se pojavljuju od vremena Justinijana I i traju kroz čitav VI vek.

3. Кондић 1994, 66-67.

4. Diehl 1961, 4029.

5. Simoni 1988, 80; ova poznata ostrogotska ostava sadrži

je da se na prelazu od recipijenta ka dršci nalazi mali disk dok je drška izdužena i na krajevima zašiljena. Na disku su obično bili urezani različiti hrišćanski simboli ili natpisi. Na sve tri kašike iz Viminacijuma urezan je monogram izveden u ligaturi koji može da se pročita kao *AENEAS* ili njegova varijanta *AENEVS*.⁶

Kašika iz Gamzigrada (*Romuliana*) takođe je izrađena od srebra (sl. IV/5). Za razliku od primeraka iz Viminacijuma dekoracija je izvedena na recipijentu, a sadrži hrišćanski simbol u vidu stilizovanog histograma izvedenog punciranjem. Monogram se sastoji od preklopjenog grčkog krsta i slova "P" koje je otvoreno. Ovaj tip monogramskog krsta u upotrebi je od druge polovine IV veka i traje do kraja V veka.⁷

Ovi predmeti su od naročite važnosti tokom vršenja evharističkih obreda u crkvi i imaju svojih brojnih bližih i daljih analogija na čitavom prostoru Evrope i Mediterana. Uglavnom su hronološki opredeljene u vremenski period od V do VII veka.⁸

Da pomenemo samo Dumbarton Oaks kolekciju iz Vašingtona koja sadrži sedam izuzetno luksuzno proizvedenih srebrnih kašika sa monogramom na disku koji povezuje recipijent sa drškom. Natpisi na dršci rađeni u nielo tehnici ukazuju na hrišćanski karakter ovih kašika, korišćenih tokom evharističkih obreda.⁹ Naime, imena sadržana u natpisima jasno ukazuju da su u pitanju imena apostola (Toma, Luka, Marko, Petar, Matija, Filip i Pavle) i najverovatnije da je prвobитно broj ovih kašika iznosio dvanaest. M. Ross je ove kašike pripisao radionici u Konstantinopolju i datovao u kasni VI ili početak VII veka.¹⁰

pored ostalih nalaza i 18 srebrnih kašika od kojih 12 Desana tip. Datuje u period od oko 500 godine do prve polovine VI veka.

6. Diehl 1961, 4027; o imenu *AENEAS* (Αἰνεας) na ranohrišćanskim natpisima.

7. Testini 1958, 356.

8. Miloјčić 1970, 111- 133; u svojoj obimnoj studiji o srebrnim kašikama, autor je prikazao brojne primerke koji potiču sa čitavog prostora Evrope (396 nalaza) sa svim mogućim kombinacijama dekorativnog sadržaja i natpisa.

9. Mundell Mango 1986, cat. 49-56.

10. Ross 1962, cat. 13, Pl. XVII.

Kadionice su kao deo bogoslužbenih predmeta imale značajnu ulogu u liturgijskim obredima još u ranohrišćanskem periodu. Sa prostora severnog Ilirika izuzetan nalaz predstavlja bronzana kadionica iz porušene crkve sv. Nedelje u selu Pepeljevcu, nedaleko od Kuršumlije (sl. V/1, 2). Kadionica je loptastog oblika, na kružnoj stopi, bez sačuvanog poklopca. Na centralnom delu trbuha date su u reljefu predstave iz Hristovog života: Blagovesti, Susret Bogorodice i Jelisavete, Rođenje Hristovo, Javljanje pastirima o Hristovom rođenju, Krštenje i Raspeće (sl. VI/1).

Kadionice sličnih oblika i dimenzija, sa sličnim prizorima iz Hristovog života nađene su na velikom broju lokaliteta, kako u oblasti Mediterana tako i dublje u unutrašnjosti evropskog kontinenta. Pronađene su u Egiptu, Siriji, ali isto tako i u istočnoj Turskoj, južnoj Rusiji i Kavkazu, kao i u centralnoj Aziji.¹¹ Iako nisu identične, reljefna dekoracija sa predstavama iz Hristovog života je slična kako po kompoziciji, tako i po stilu, ukazujući na taj način na njihovo zajedničko poreklo. Kako je izbor scena više ili manje sličan onima na uljanim ampulama izrađivanim u Svetoj Zemlji, danas je opšte prihvaćena prepostavka da ovaj tip kadionica takođe može da se uključi u kontekst hodočasničkih umetničkih predmeta poreklom iz Sirije ili Palestine.¹²

Kada govorimo o ovom tipu kadionica, još uvek nema pravog odgovora na pitanje njihove hronološke determinacije. Iako su kadionice ovog tipa vrlo bliske, ipak se dovoljno razlikuju jedna od druge ukazujući na proizvodnju koja je trajala tokom dužeg vremenskog perioda počev od VI veka pa do ranog srednjeg veka. Ikonografija ovih kadionica nije se mnogo menjala tokom ovog perioda, naročito ne na kadionicima pronađenim na prostoru Mediterana koji je već bio pod arabiljanskim vlašću od sredine VII veka.

Većina naučnika koji su se bavili ovom problematikom prepostavljaju da su originalne kadi-

onice vremenom zamjenjivane tamo gde je bilo potrebno novim replikama čime se može objasniti veliki broj sačuvanih primeraka.¹³

Nakon VII veka, većinu kadionica ovog tipa karakteriše pojednostavljeni figuralni izraz, koji iako i dalje pod uzorima VI i početka VII veka, gubi punoču izraza idući postepeno ka šematismovanoj predstavi.

I na kraju da se vratimo našoj kadionici iz Pepeljevca kod Kuršumlije. Iako su reljefne predstave dosta bliske vizantijskoj umetnosti VI-VII veka, teško možemo reći da se radi o nalazu koji je izrađen u Svetoj Zemlji, već bi se pre moglo govoriti, na osnovu analognih primeraka, da je u pitanju kopija sirijsko-palestinskih originala. Budući da je veoma slična nekim primercima koji su manje više egipatske provenijencije, možemo je takođe označiti kao egipatski proizvod kasnog VII ili početka VIII veka.¹⁴

Kadionica iz Gamzigrada (*Romuliana*), predstavlja deo ostave u kojoj je pored kadionice nađen polijelej, kandelabr i okov u vidu pečurke (sl. VII/1, 2, 3, 4). Kadionica je izrađena od bronce, šestougaonog oblika, jednostavne dekoracije u vidu profilisane osnove i oboda. Postavljena na tri nožice koje završavaju u obliku lavljih šapa. Bila je okačena na tri lanca koji su pri vrhu spomeni karikom u vidu osmice. Kadionice ovog tipa sa sličnim dekorativnim sadržajima nađene su na velikom broju lokaliteta na čitavom prostoru kasnorimskog Carstva iz čega možemo konstatovati da je postojala prilična ujednačenost u njihovoj proizvodnji što, bez sumnje, ukazuje na postojanje izdvojenih proizvodnih centara, najverovatnije u Egiptu, odakle su distribuirane u druge delove Carstva.¹⁵

Među predmetima koji se takođe vezuju za hrišćanski kult treba pomenuti i relikvijare. Tri

13. Gonosová, Kondoleon, 1994, 277.

14. Gonosová, Kondoleon, 1994, 277; iako je ova kadionica nešto mlađa od predmeta o kojima se govori u radu, smatrala sam da je potrebno pomenuti je budući da predstavlja kopiju primeraka iz VI-VII veka.

15. Stryzgowski 1904, No. 9116, Taf. XXXII; Мано-Зиси 1962, 103, sl. 3.

11. Gonosová 1994, 276, nap. 6; do sada je evidentirano 95 nalaza ovog tipa krstionica.

12. Grabar 1958 1/ff.

srebrna primerka potiču sa teritorije Srbije (sl. VIII/1, 2, 3). Relikvijar iz okoline Niša hronološki se opredeljuju u IV vek (sl. VIII/2) i verovatno je pripadao nekoj kultnoj građevini, crkvi ili memoriji u okolini antičkog *Naissus-a* na koji izvori upućuju kao grad sa velikim brojem martira koji, nažalost, nisu imenovani niti potvrđeni. Druga dva nalaza iz Romulijane i utvrđenja Gradine na Jelici datuju se u VI vek (sl. VIII/1, 3).

Relikvijari čine značajnu grupu rano-hrišćanskih predmeta. Oni su uglavnom ukrašeni različitim hrišćanskim prizorima ili simbolima, a često ćemo naići i na natpise sa imenima apostola ili svetaca, kao što je slučaj sa relikvijarom iz Gradine na Jelici - *S(an)c(t)i Petri, S(an)c(t)i Pauli + S(an)c(t)i Iohanni*.

Dosadašnja istraživanja su pokazala da većinu relikvijara oblika rimskih sarkofaga, treba pripisati istočnomediteranskom prozvodnom krugu. Najčešće su pronađeni na području jugoistočne Evrope i Male Azije i datuju se uglavnom u vreme od IV do VI veka.¹ Posebno treba istaći područje susedne Bugarske na čijoj teritoriji je pronađeno do sada ukupno 35 relikvijara različitih oblika, materijala i načina izrade, tako da predstavlja jedinstveno područje ne samo u jugoistočnom delu Evrope, već i na čitavom mediteranskom prostoru.²

U kategoriju predmeta koji su povezani sa hrišćanskim kultom treba uvrstiti i ampule (eulogije). Ovi predmeti, od velikog značaja za religijski život hrišćanskih zajednica u prvim vekovima hrišćanstva, bili su izuzetno dragoceni, budući da do njih nije bilo lako doći.

Sa prostora severnog Ilirika do sada su otkrivena samo dva nalaza (sl. IX/1, 2). Iz Caričinog Grada potiče primerak izrađen od pečene gline koji svojim oblikom i figuralnom predstavom hrišćanske sadržine datom u reljefu ukazuje na maloazijsko radioničko poreklo.³

Drugi primerak iz Mačvanske Mitrovice bitno se razlikuje od ampule iz Caričinog grada, kako

1. Buschhausen 1971, 286-315, Taf. C12-C26.

2. Minchev 2003, 1/ff; radi poređenja, samo 12 primeraka je pronađeno u Maloj Aziji uključujući i Konstantinopolj.

3. Metzger 1984, 160.

po materjalu od kojeg je izrađena, tako i po svojoj formi i dekoraciji. U pitanju je mala ampula od olova, oblika amfore, sa ornamentikom koja se sastoji od krstova, vegetabilnih i geometrijskih motiva.

Ampule kao specifičan vid predmeta koji stoji u vezi sa hrišćanskim kultom predstavljaju vrlo retke i izuzetne nalaze, budući da svojim ikonografskim sadržajima doprinose novim saznanjima o religijskom verovanju stanovništva u prvim vekovima razvoja hrišćanstva. Izrađivane su u velikim količinama u radionicama koje su podizane u blizini važnih hrišćanskih centara posvećenih kultu: u Palestini, Siriji, Egiptu i Maloj Aziji u periodu od IV do VI veka.⁴ Naša dva primerka svojim ikonografskim sadržajem pripadaju istom proizvodnom krugu i hronološkom okviru.

Sa teritorije Prahova (*Aquae*), jednom od episkopskih centara u provinciji *Dacia Ripensis*, potiče stakleno dno rađeno u tehnici *fondi d'oro* (sl. X/1).⁵ Sačuvani deo kružnog dna, najverovatnije tanjira, sadrži na zlatnoj foliji u središnjem delu urezane predstave muškarca, žene i deteta. Iznad figura teče natpis na latinskom jeziku *VIVAS IN DEO*. Ovakva pozlaćena stakla svojstvena su zapadnom delu kasnorimskog carstva. Uobičajeno je mišljenje da je najveće, a možda i jedino mesto izrade ovakvih predmeta bio Rim.⁶ S druge strane pretpostavlja se da su se u Trieru, drugom velikom provincijskom središtu proizvodnje stakla izrađivali manji medaljoni i staklena dna.⁷ Procvat ove tehnike vezuje se za period III i IV veka.⁸

Pored gore navedenih predmeta koji su korišćeni u hrišćanskom kultu, postojao je i čitav

4. Grabar 1958, 1/ ff.

5. Danas je još uvek neusaglašena terminologija za pozlaćena staklena dna. Počev od XVII veka ona su nazivana raznim imenima: vetri cimitaliali, fondi d'oro, fonds, dorées, Zwischengoldgläser, Goldgläser, gold glasses, gold-sandwich glasses, gilded glasses. Termin *fondi d'oro* je danas uglavnom narušen, čak i u zemlji svog porekla, dok se u našoj literaturi ovaj izraz odomačio, tako da ćemo se u radu i dalje pridržavati uobičajene terminologije.

6. Migotti 2003, 16.

7. Cambi 1976, 141.

8. Germanović-Kuzmanović 1976, 175-190; Ранков 1983, 85.

niz predmeta korišćenih u funkciji crkvenog mobilijara, a koji je mogao biti importovan iz različitih delova Carstva kao što su: polikandila, (sl. XI/1, 2, 3) kandelabri, (sl. XII/1, 2) lampe, (sl. XIII/1, 2, 3, 4, 5, 6). Ova vrsta nalaza zastupljena je kako u većim urbanim aglomeracijama, tako i u utvrđenjima na Dunavu i u unutrašnjosti poluostrva. Naročito veliki broj predmeta potiče iz Caričinog Grada (*Iustiniana Prima?*) što se pored njegovog značaja kao crkvenog središta, odnosno sedišta arhiepiskopije može objasniti i sistematskim istraživanjima ovog lokaliteta koja datiraju još s početka XX veka. Prisustvo crkvenog mobilijara indicira postojanje hrišćanskih hramova u blizini, što je u većini slučajeva i potvrđeno.

Takođe su se trgovackim putevima iz različitih delova Carstva mogli nabaviti i najrazličitiji predmeti profane namene, a koji su svojim oblikom ili dekorativnim sadržajem ukazivali na hrišćanski karakter. Da pomenemo samo delove nošnje ili nakit: fibule, kopče, ogrlice (sl. XIV), narukvice, minđuše, prstenje itd. Neki od njih su izrađivani od plemenitih metala (zlata ili srebra). Nalaženi su uglavnom u većim urbanim centrima i to naročito primerici luksuznije izrade.

Da bi se pribavili gore pomenuti nalazi, kao i mnogi drugi kultne ili profane namene, bilo je moguće zahvaljujući postojanju trgovackih puteva koji su povezivali oblast južno od Dunava i Save sa važnim proizvodnim centrima u Maloj Aziji, Srednjem Istoku i Egiptu, a na zapadu sa Dalmacijom i Italijom. Postojala su dva glavna trgovacka puta kojima se razmenjivala najrazličitija roba u periodu od IV do početka VII veka. Istočni pomorski put koji je vodio istočnim delom Mediteranskog mora i Egeja do Soluna, a potom kopnenim putem kroz unutrašnjost Balkanskog poluostrva i Zapadni put koji je išao preko Jadranskog mora, Dalmacije na sever do Panonije (karta 2).⁹

Proizvodi poreklom iz Male Azije, Sirije, Palestine i Egipta dobavljeni su Istočnim putem, a predmeti koji su izrađivani u Italiji ili Dalmaciji pristizali su Zapadnim putem. Postojali su i bro-

jni proizvodi izrađivani i distribuirani iz centara koji su geografski bili znatno bliže centralnobalkanskom regionu u odnosu na pomenute lokacije. Tu u prvom redu mislimo na najvažnije paleovizantijske centre Carigrad i Solun odakle se roba najčešće kretala trgovackim putevima kroz Traku i Makedoniju.

Na kraju možemo da zaključimo da brojnost i raznolikost importovanog ranohrišćanskog materijala, među kojima su i predmeti korišćeni tokom liturgijskih obreda ukazuju na postojanje brojne i dobro organizovane hrišćanske crkve. Nalazi liturgijskog posuđa, kadionica, relikvijara, posuda za čuvanje svetog ulja, i drugih predmeta pokazuju već razvijen oblik hrišćanskog života. Episkopije Severnog Ilirika su u tom smislu igrale vrlo važnu ulogu. Dovoljno je pomenuti Caričin Grad (*Iustiniana Prima?*). U ovom gradu Justinian I (527-565) osnovao je novu arhiepiskopiju koja je postala administrativni i duhovni centar čitavog Ilirika.

Međutim, već početkom VII veka u invaziji ekspanzionističkih plemena sa severoistoka Evrope, pre svega Avara i Slovena, antički svet je bio uništen i veliki urbani centri kao i tvrđave duž Dunavskog limesa, ali i dublje u unutrašnjosti, a samim tim i crkve i druga kulturna mesta opljačkani i najčešće spaljeni i srušeni. Time se može objasniti postojanje relativno velikog broja ostava sa skupocenim predmetima koji su bili važni za religijski život prvih hrišćanskih zajednica na prostoru Centralnog Balkana.

RESUME

Early Christian Roman Imports in the territory of North Illyricum from 4th to 6th century

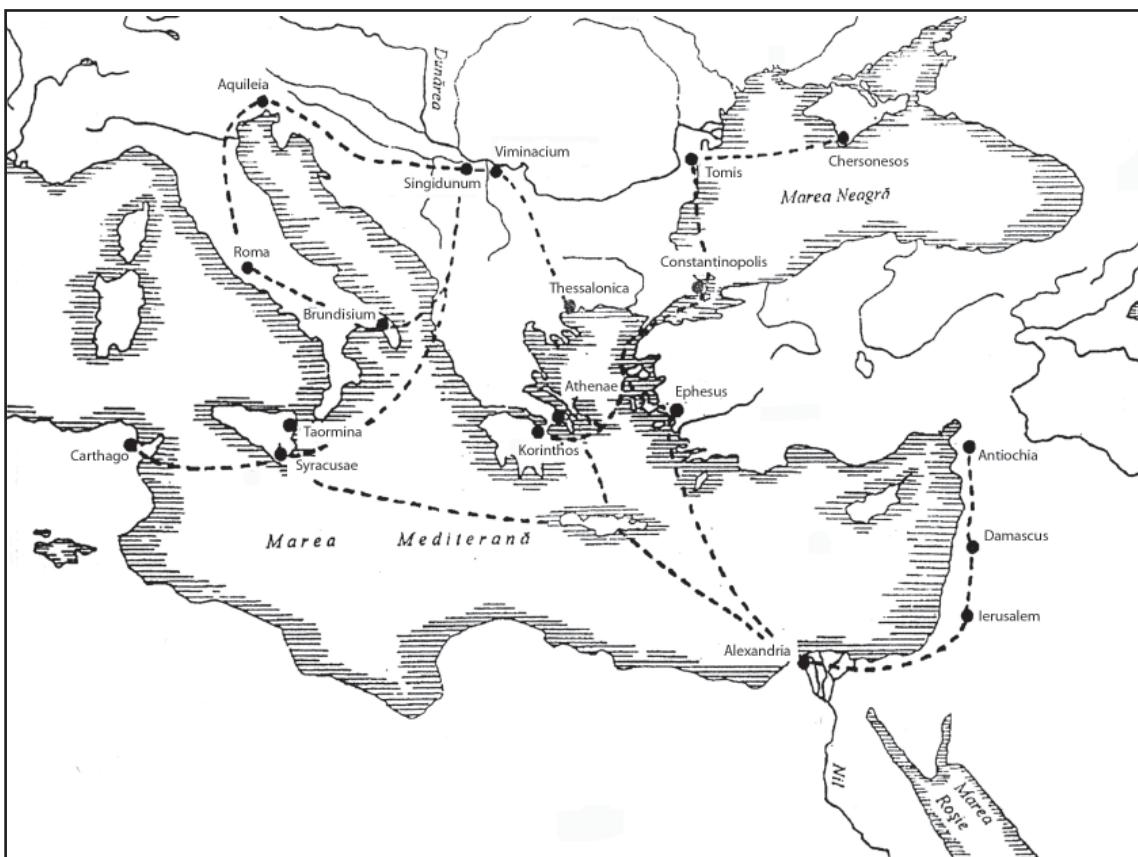
Archaeological material from the territory of Central Balkan, in the Late Roman period North Illyricum, points to several important facts: first of all, the centres and regions from where Christianity extended in this territory. Newer archaeological discoveries have brought to light a series of finds of great importance; some of them made in the workshops coming from various parts of the Late Roman Empire and imported by the people from the provinces of North Illyricum, as a result of the numerous connections with the other parts of Roman Byzantine world.

Among the numerous silver objects used in liturgical ceremonies, of a great interest has been

the discovery of liturgical vessels: chalices, bowls, the Eucharist silver spoons, censers, reliquaries, vessels for keeping holy oil, and other objects show an intense Christian life with constant connections to the religious institutions within the territories of the Empire among which the episcopacies of North Illyricum played an important part.

The obtaining of these Christian objects, mentioned above, so as of others, having a different utility, has been possible because of the existence of some old and important commercial routes which used to link the region south of the river Sava and the Danube with the strong centres of the handcraft wares in Asia Minor, and Middle East, Egypt, and in the West in Italy.

Based on the analogies with the objects made in some centres of the Empire and the spreading over of the types of the imported objects in the



Karta 2. Glavni rimski trgovački putevi, IV-VI vek.
(Prema: Dan Gh. Teodor, *Interacademica II-III/2000*).

Central Balkan regions, it is obvious that two main routes of exchanges kept on being used during the period between the 4th and the 6th century; the Eastern one going over the East of the Mediterranean Sea and the Aegean; and the Western one which crossed over the Adriatic Sea, Dalmatia and on the north Pannonia.

A great number and the diversity of the imports of Christian nature among these objects used for performing the religious service prove the existence of numerous and well organised Christian communities.

By the end of that period, at the beginning of 7th century, in the invasion of expansionist tribes from the northeast of Europe, including the Avars and Slavs, the ancient world had been destroyed and the great urban centres, castles along the *Roman Limes* on the Danube, churches and other cult places had been plundered and in the majority of cases burned out and demolished.

SKRAĆENICE

AV - Arheološki vestnik, Ljubljana
 ZRNM - Zbornik radova Narodnog muzeja
 ZRVI - Zbornik radova Vizantološkog instituta
 ZRNMČ - Zbornik radova Narodnog muzeja u Čačku

BIBLIOGRAFIJA

Bénazeth 1992

D. Bénazeth, *L'art du métal au début de l'ère chrétienne*, Musée du Louvre, Catalogue du département des antiquités égyptiennes, Paris 1992.

Buschhausen 1971

H. Buschhausen, *Die spätromischen Metallscrinia und frühchristlichen Reliquiare I*, Katalog, Österr. Akad. d. Wiss., Komiss. für Byzantinistik, Wiener byzantinische Studien IX, Wien 1971.

Cambi 1976

N. Cambi, Neki kasnoantički predmeti od stakla s figuralnim prikazima u Arheološkom muzeju u Splitu, *Arheološki Vestnik XXV*, 1976, 139-157.

Cradle of Christianity 2000

Cradle of Christianity, The Israel Museum, Jerusalem 2000, Eds. Y. Israeli, D. Mevorah, Catalogue of the Exhibition, Jerusalem 2000.

Dalton 1901

O. M. Dalton, *Catalogue of Early Christian antiquities and objects form the Christian East*, London 1901.

Diehl 1961

E. Diehl, *Inscriptiones latinae christianaee veteres*, vol. II, Berolini 1961.

Dodd 1961

E. C. Dodd, *Byzantine Silver Stamps*, Washington 1961.

Duval, Jeremić 1984

N. Duval, M. Jeremić, L'église J à une nef, *Caričin Grad I*, Collection de l'école française de Rome, Belgrade-Rome 1984, 91-146.

Gonosová, Kondoleon 1994

A. Gonosová, Ch. Kondoleon, *Art of Late Rome and Byzantium, in the Virginia Museum of fine Arts*, Virginia Museum of Fine Arts, Richmond, 1994.

Grabar 1958

A. Grabar, *Les Ampoules de Terre Sainte Monza-Bobbio*, Paris, 1958.

Evans 1883

A. Evans, *Antiquarians Researches in Illyricum IV*, Westminster 1883.

Janković 1983

D. Janković, U sutoru antike, u S. Ćelić (ur.), *Gamzigrad kasnoantički carski dvorac*, Beograd 1983, 99-119.

Janković 1983a

D. Janković, Ranovizantijski Gamzigrad, u S. Ćelić (ur.), *Gamzigrad kasnoantički carski dvorac*, Beograd 1983, 120-142.

Janković 1997

M. Janković, Seoba naroda, u S. Krunic (prir.), *Antička bronza Singidunuma*, katalog izložbe, Beograd 1997, 305-340

Jeličić 1959

B. Jeličić, Bronzani žišci u Narodnom muzeju, *Zbornik radova Narodnog muzeja II*, Beograd 1959, 73-82.

Jeličić 1964

B. Jeličić, Bronzani kandelabr u Narodnom muzeju u Beogradu, *Zbornik Narodnog muzeja IV*, Beograd 1964, 151-155.

Јеремић 2004

M. Јеремић, Култне грађевине хришћанског Сирмијума, Сирмијум и на небу и на земљи, Сремска Митровица 2004, 43-75.

Јеремић 2006

M. Јеремић, Adolf Hytrek et les premières fouilles archéologiques à Sirmium, *Старинар LV*, Београд 2006, 115-131.

Kent 1961

J. P. C. Kent, Comes Sacrarium Largitionum, Ex. in: E. C. Dodd, *Byzantine Silver Stamps*, Washington 1961, 37-45.

Kondić 1994

J. Kondić, Ranovizantijsko srebro, u I. Popović (ur.), *Antičko srebro u Srbiji*, Beograd 1994, 65-67.

Kondić 1995

J. Kondić, Kasnoantičko i ranovizantijsko srebrno posuđe iz Srbije, u I. Popović, T. Cvjetičanin, B. Borić-Brešković (prir.), *Radionice i kovnice srebra*, Beograd 1995, 181-187.

Kondić, Popović 1977

V. Kondić, V. Popović, *Caričin Grad utvrđeno naselje u vizantijskom Iliriku*, Beograd 1977.

Korać 2000

M. Korać, *Slikarstvo grobnica u Viminaciju*, Požarevac 2000.

Ljubinković-Ćorović 1950

M. Ljubinković-Ćorović, Stara kadionica iz okoline Kuršumlije, *Muzeji 5*, Beograd 1950, 70-86.

Marjanović-Vujović 1973

G. Marjanović-Vujović, Dva rana hrišćanska poljeleja iz Narodnog muzeja, *Zbornik Narodnog muzeja VII*, 1973, 13-23.

Metzger 1973

C. Metzger, Une ampoule à eulogie du type d'Asie Mineure, *Caričin Grad I*, Collection de l'école française de Rome, Belgrade-Rome 1984, 158-160.

Migotti 2003

B. Migotti, *Pozlaćena stakla sa Štrbinaca kod Đakova*, Đakovo 2003.

Milinković 1986

M. Milinković, Gradina na Jelici, *ZRNMČ XVI*, Čačak 1986, 47-60.

Milinković 2002

M. Milinković, Die Byzantinische Höhö-henanlage auf der Jelica in Serbien – Beispiel aus dem Nördlichen Illyricum des 6. Jh., *Starinar LI*, Beograd 2002, 71-133.

Minić 1980

D. Minić, Le site d'habitation médiéval de Mačvanska Mitrovica, *Sirmium XI* Beograd 1980.

Minchev 2003

A. Minchev, *Early Christian Reliquaries from Bulgaria, 4th – 6th Century AD*, Varna 2003.

Mundell Mango 1986

M. Mundell Mango, *Silver from Early Byzantium, the Kaper Koraon and Related Treasures*, (The Walters Art Gallery), Baltimore 1986.

Popović 2001

I. Popović, *Kasnoantički i ranovizantijski nakit od zlata u Narodnom muzeju u Beogradu*, Beograd, 2001.

Popović 1970

V. Popović, Ranohriščanska bronzana lampa iz okoline Smedereva, *Starinar XX*, Beograd 1970, 323-330.

Rankov 1983

J. Rankov, Kasnoantičko stakleno dno rađeno u tehnići fondi d'oro, *Zbornik Narodnog muzeja XI-1*, Beograd 1983, 85-89.

Ross 1962

M. Ross, *Catalogue of the Byzantine and Early Mediaeval Antiquities in the Dumbarton Oaks Collection, vol. I*, Washington 1962.

Ružić 1994

M. Ružić, *Rimsko staklo u Srbiji*, Beograd 1994.

Simoni 1988

K. Simoni, Srebrna žlica iz Siska, *Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu XXI*, Zagreb 1988, 79-86.

Shukriu 2003

E. Shukriu, Frühchristliche Lampen aus antiken Provinz Dardania, *Mitteilungen zur christlichen Archäologie, Österr. Akad. d. Wiss., Inst. für klass. Archäol. der Univer. Wien*, Band 9, Wien 2003, 19-23.

Strzygowski 1904

J. Strzygowski, *Catalogue du Musée du Caire*, Koptische Kunst, Viene 1904.

Tatić-Đurić 1960

M. Tatić-Đurić, Jedna kasnoantička lampa iz zbirke Narodnog muzeja u Beogradu, *Živa antika X*, Skoplje 1960, 237-248.

Tatić-Đurić 1964

M. Tatić-Đurić, Zlatni nalaz iz Višnjice, *Zbornik Narodnog muzeja IV*, 1964, 185-195.

Tatić-Đurić 1967

M. Tatić-Đurić, Srebrno posude iz Kostolca, *Zbornik Narodnog muzeja V*, Beograd, 1967, 237-246.

Teodor 2001

D. Gh. Teodor, Christian Roman Byzantine Imports North of the Lower Danube, *Inter-academica II-III*, Les Travaux de la VI-ème et VII-ème Session Annuelle, (Cernăuți/1999 et Mangalia/Neptun/2000, București 2001, 118-122.

Валтровић 1886

М. Валтровић, Старохришћански саркофаг нађен у Београду, *Старинар III*, Београд 1886, 70-71.

Валтровић 1891а

М. Валтровић, Старохришћански мртвачки ковчег нађен у Београду, *Старинар VIII*, Београд 1891, 130-142.

Валтровић 1891б

М. Валтровић, Добри пастир, *Старинар VIII*, Београд 1891, 109-130.

Zotović 1994

Lj. Zotović, Rano hrišćanstvo u Viminacijumu kroz izvore i arheološke spomenike, *Viminacium 8-9*, Požarevac 1994, 59-72.



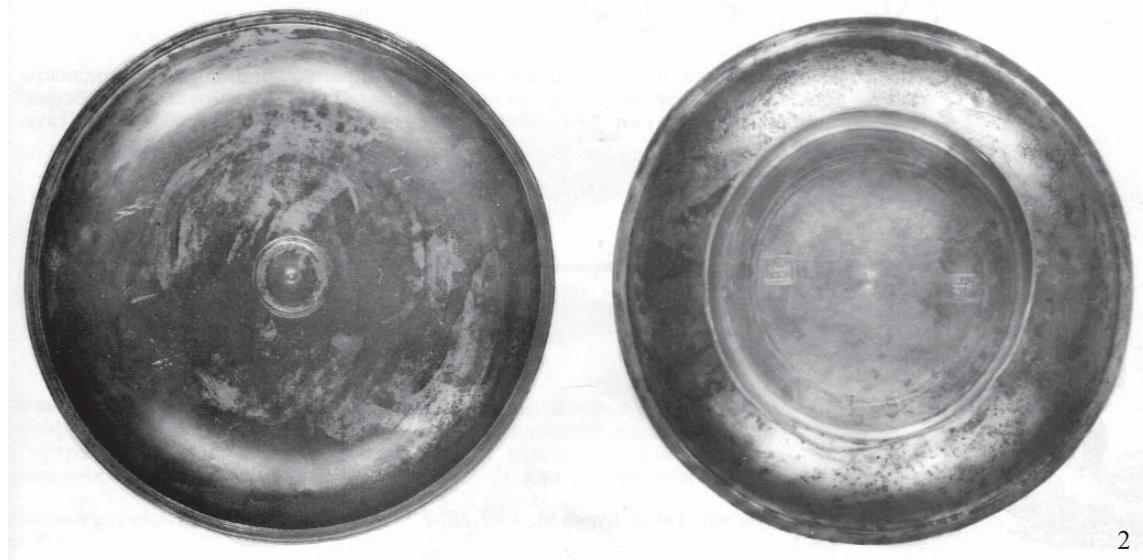
Slika I/1-5 - Ostava sa srebrnim peharima. Kostolac (*Viminacium*).



Slika II/1 – Stopa srebrnog pehara. Niš (*Naissus*)

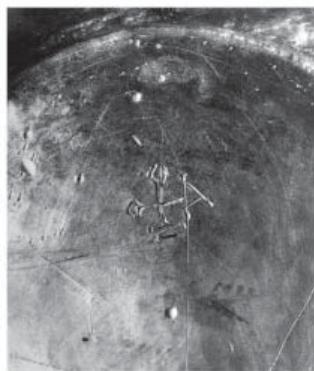


1



2

Slika III/1-2 – Srebrne zdele. Kostolac (*Viminacium*).



3

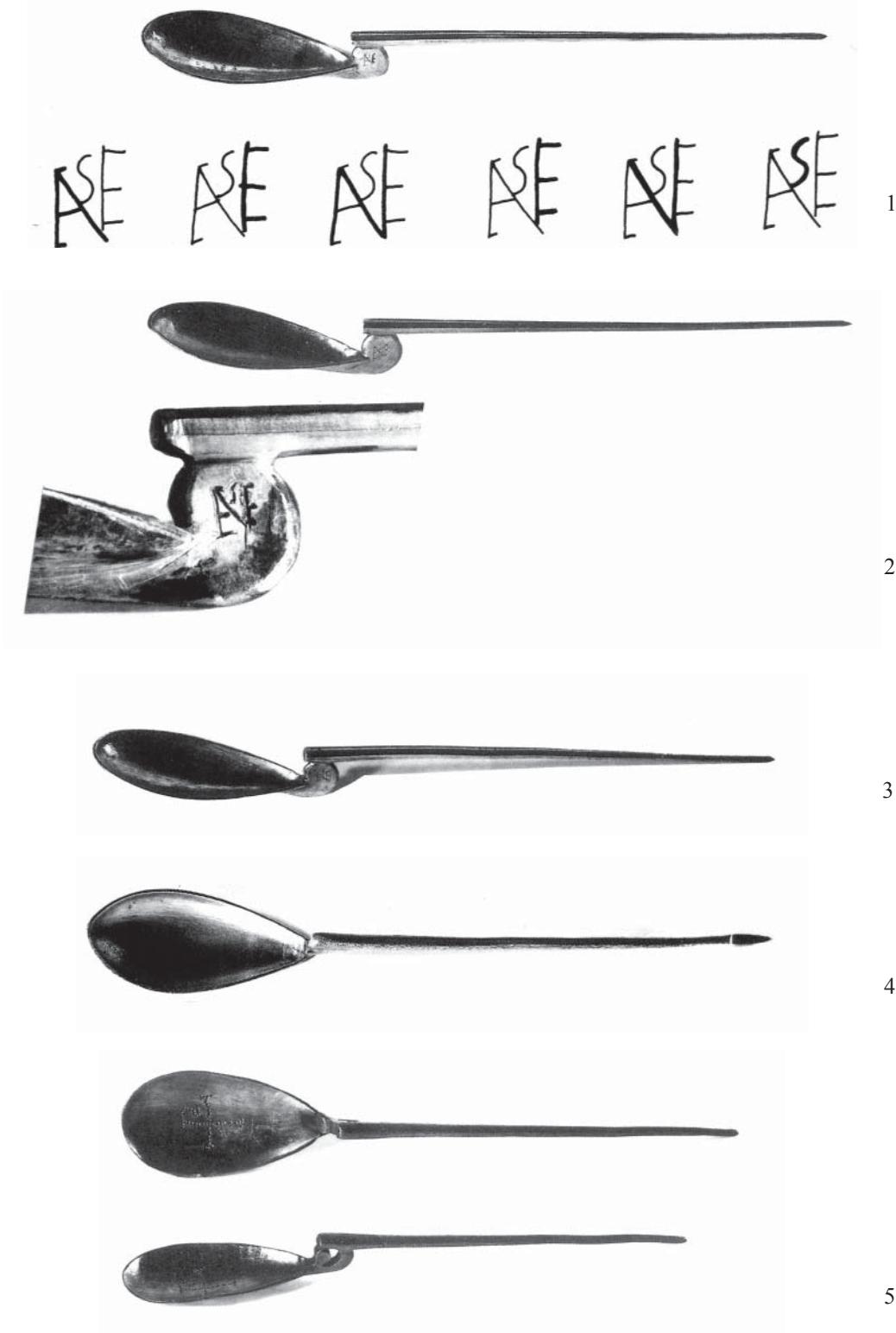


4



5

Slika III/3-5 – Srebrne zdele. Kostolac (*Viminacium*).



Slika IV/1-4 – Srebrne kašike. Kostolac (*Viminacium*). 5 – Srebrna kašika. Gamzigrad (*Romuliana*).



1



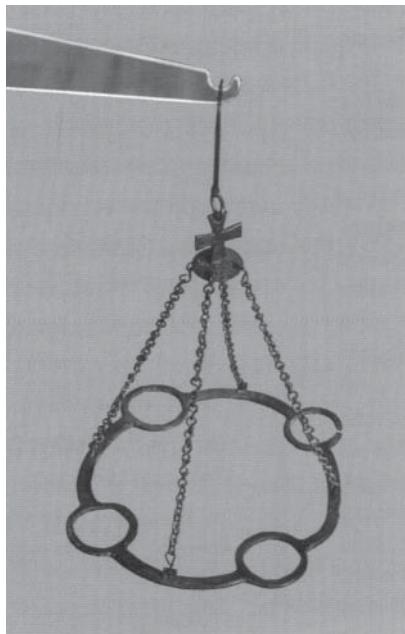
2

Slika V/1-2 – Kadionica. Pepeljevac, Kuršumlija.



1

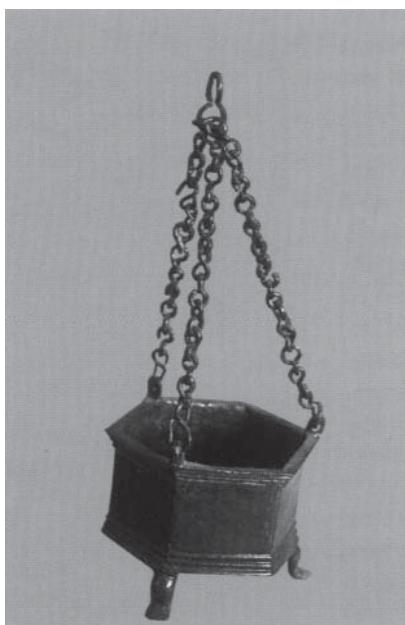
Slika VI/1 - Kadionica. Pepeljevac, Kuršumlija. Reljef.



1



2



3

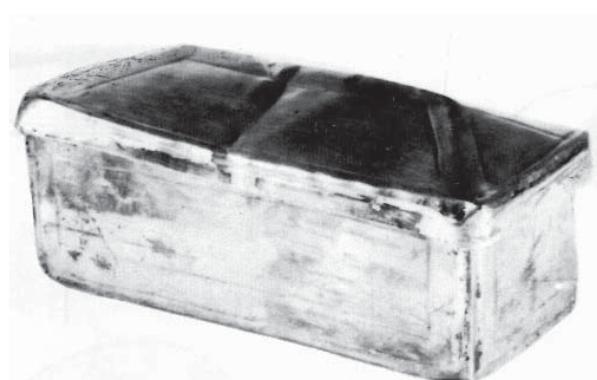


4

Slika VII/1-4 – Gamzigrad (*Romuliana*): Polikandilo, kandelabir, kadionica, okov u vidu pečurke.



1



2



3

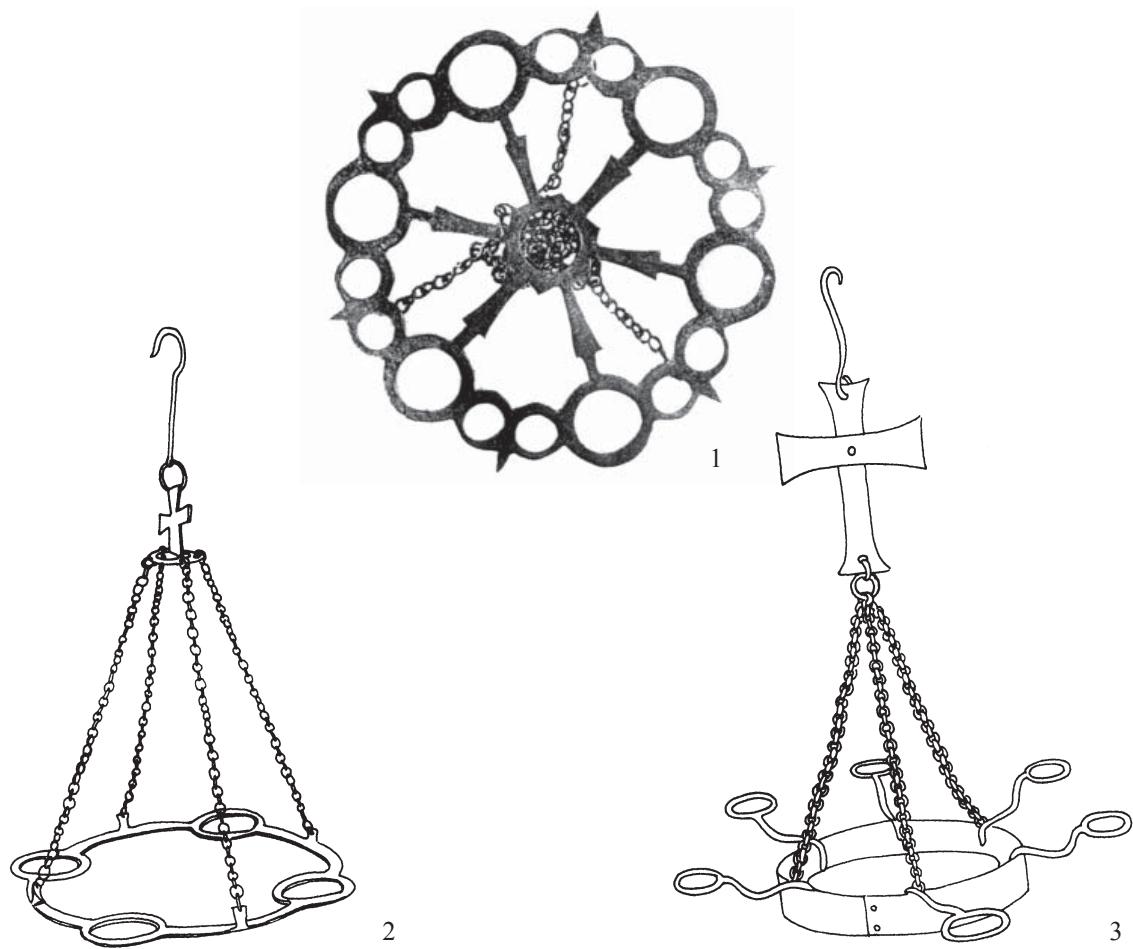
Slika VIII/1-3 Relikvijari: Gradina na Jelici, Niš (*Naissus*), Gamzigrad (*Romuliana*)



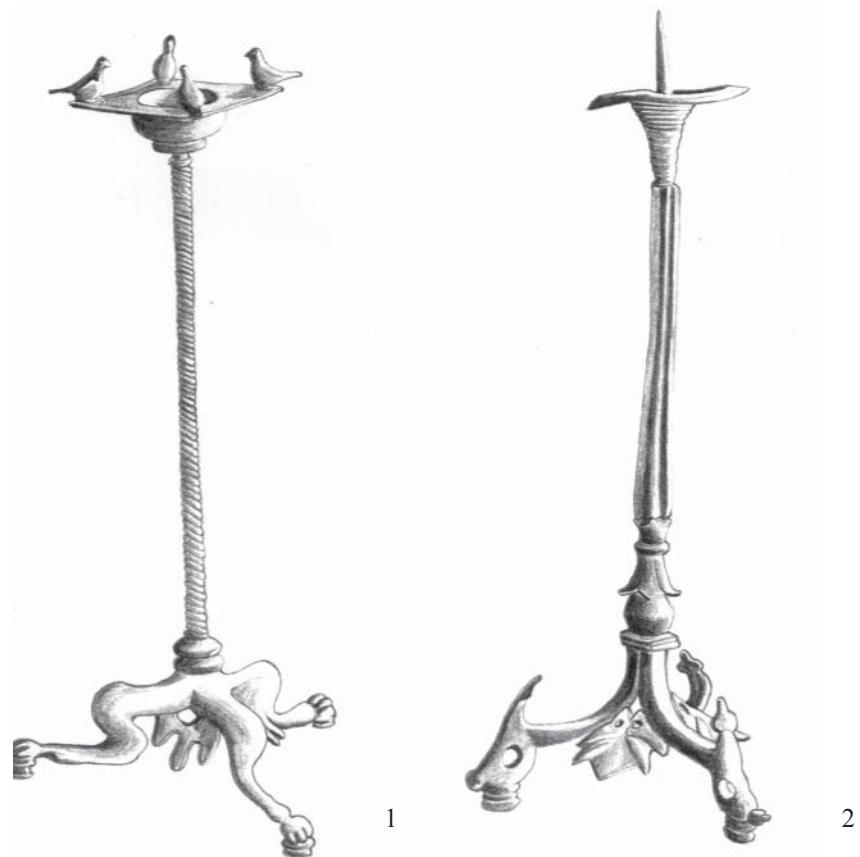
Slika IX/1-2 – Ampule. Caričin Grad (*Iustiniana Prima*). Mačvanska Mitrovica



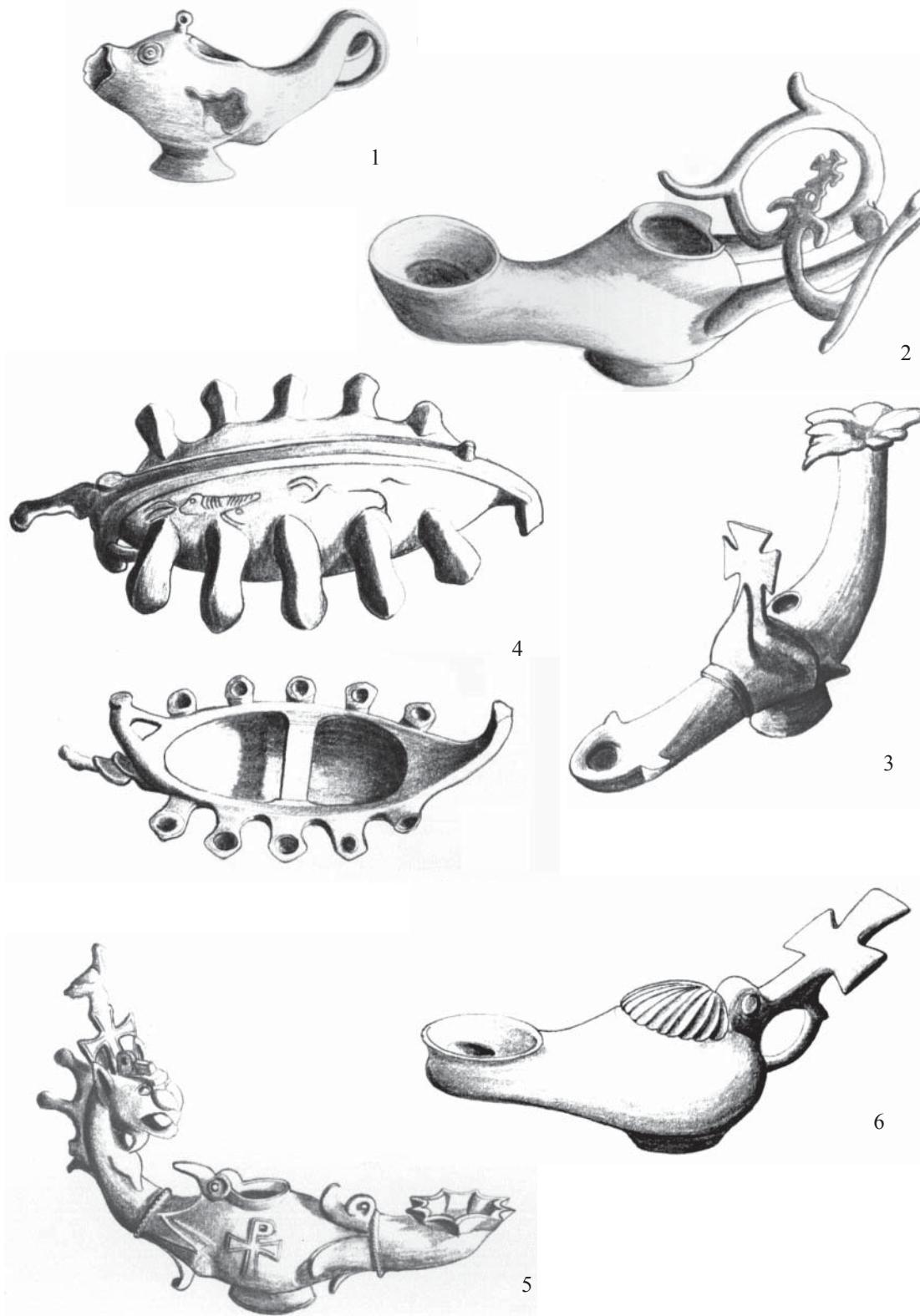
Slika X/1 a-b – Stakleno dno u tehnici *fondi d'oro*, Prahovo (*Aquaee*)



Slika XI/1-3 – Polikandila. Caričin Grad (*Iustiniana Prima*), Gamzigrad (*Romuliana*), Pirot.



Slika XII/1-2 – Kandelabri. Nepoznato nalazište. Gamzigrad (*Romuliana*)



Slika XIII/1-6 – Lampe. 1 – Nepoznato nalazište. 2,3 - Kalaja Bujanovac. 4 - Mezul, Smederevo.
6. Despotovac. 6 Beograd



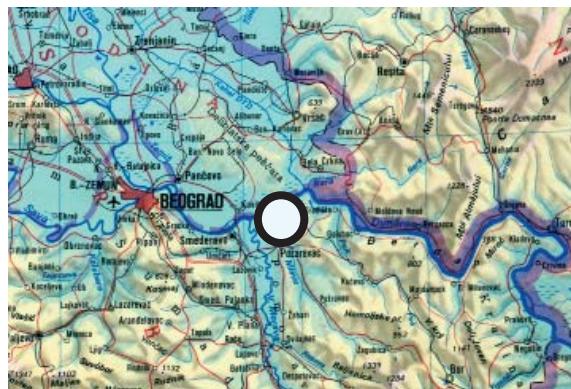
1

Slika XIV/1 - Nekropola Bela Stena, Beograd

Angelina Raičković
Arheološki institut Beograd

Saša Redžić
Arheološki institut Beograd

Bebina Milovanović
Arheološki institut Beograd



UDK 904:738.8(497.11)"01"

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

POSUDE SA APLICIRANIM ZMIJAMA IZ ZANATSKOG CENTRA

ABSTRAKT

Na prostoru između keramičkih i opekarskih peći Zanatskog centra, u sloju šuta, među mnogobrojnim fragmentima građevinskog materijala pronađeni su i brojni fragmenti različitih posuda, od kojih je nekoliko sa apliciranim zmijama. Fragmenti pripadaju većim loncima, sa horizontalno izvučenim obodom i cilindričnim vratom čiji se trbuš lomi ka prstenasto profilisanoj stopi. Ovakve posude se vezuju za različita božanstva i njihove kultove, a na ovom prostoru se datuju u period od sredine II veka. Nalazimo ih na različitim lokacijama, kako na samom Viminaciju, tako i širom provincije Gornje Mezije, dok je njihova najveća brojnost konstatovana na prostoru provincije Dakije.

KLJUČNE REČI: ZANATSKI CENTAR, VIMINACIJUM, APLICIRANE ZMIJE, POSUDE, KULTOVI, MITRA, SOL, LIBER

Prilikom nivelisanja terena i postavljanja kvadratne mreže za istraživanje lokacije Zanatskog centra na Viminaciju naišlo se i na velike površine pod šutom. Njega su činili delovi opeka, tegula i imbreksa, grumenovi zapečene zemlje sa primesama gari i fragmenti različitih keramičkih i staklenih posuda. Iz keramičkog materijala Zanatskog centra svojim posebnim karakteristikama izdvojili su se fragmenti posuda sa apliciranim zmijama koji su nađeni u dva kvadrata postavljene kvadratne mreže (Plan I). Fragmenti posude otkriveni na prostoru između kvadrata br. XXXIX i XLI nalazili su se ispod sloja šuta, u sloju koji je uz fragmente drugog keramičkog materijala

sadržavao i delove životinjskih kostiju - udovi govečeta. U neposrednoj blizini pronađena i ljudska lobanja kao i srebrni novac Antonija Pija. Drugi fragmenti sa apliciranom zmijom nađeni su u kvadratu br. XLIV. U ovom kvadratu se po uklanjanju slojeva šuta ukazao ukop sa tamnomrkom zemljom dimenzija 9,80 x 4,00 m. U njegovom severnom delu konstatovano je izuzetno mnogo keramičkog materijala,¹ među kojim i fragmenti imbreksa sa pečatom LEG VII CL i fragmenti životinjskih kostiju sa kojima su bili pomešani i fragmenti posude sa apliciranom zmijom.

1. Keramičke posude otkrivene u ovim celinama predstavljene su na grafikonu br. 1. Za detaljnije o posudama iz ovih celina pogledati Raičković 2005, 17 - 53.

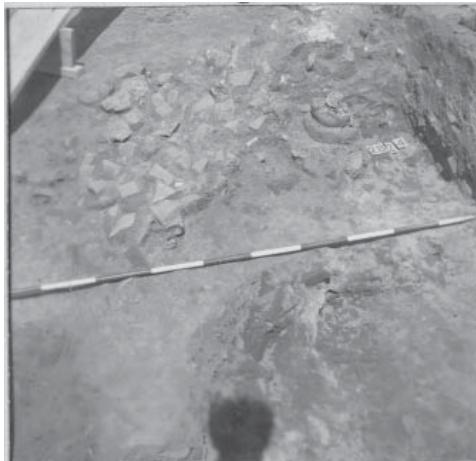
Ova vrsta posuda rasprostranjena je po zapadnorimskim provincijama i odlikuje se različitim specifičnostima. Tzv. zmijske posude proizvode se od gline različitog kvaliteta i različite boje pečenja. Spoljna površina je najčešće bojena tonovima mrkocrvene boje do potpuno mrke, a izuzetno retko je maslinastozeleno gleđosana.¹ Uglavnom se javljaju na velikim posudama - loncima i krčazima. Često su to posude sa dve ili tri drške, pa aplicirana zmija, jedna ili više, ide po obodu posude, obmotava se oko drški sa glavom koja leži na obodu, ili je cela aplicirana cik-cak u gornjem delu posude. Glava zmije obično je sumarno urađena, dok kožu zmije imitiraju različito izvedeni i grupisani urezi i ubodi u vidu crtica ili kružića. Uobičajena pojava kod ovih posuda je da se javljaju u kombinaciji sa pečatnom dekoracijom, ili sa medaljonima koji su rađeni u kalupu pa naknadno aplicirani na površinu. Mogu se javiti i u kombinaciji sa ukrašavanjem koje je izvedeno urezivanjem geometrijskih ornamenata. Javljuju se i u kombinaciji sa odgovarajućom reljefnom dekoracijom - antropomorfne, zoomorfne ili vegetabilne predstave. Ove posude su osobene kroz duži vremenski period. Razlike u vrsti korišćene gline i karakteristike u izradi i dekoraciji rezultat su različitih proizvodnih centara i lokalnih uticaja, te povezivanja sa različitim božanstvima.

Fragmenti posuda pronađeni u krugu Zanatskog centra (T. I i II) odgovaraju sličnim posudama pronađenim kako na teritoriji provincije Gornje Mezije,² tako i onim nađenim na području provincije Dakije.³ Radi se o fragmentima većeg lonca, debelih zidova, rađenog od srednje prečišćene gline crvene boje pečenja i bojene spoljne površine crvenom bojom (boja pečenja: Mansell 5yr-6/8). Očuvani su i fragmenti trakaste drške na kojoj je takođe aplicirana zmija. Medaljon je rađen u kalupu i predstavlja mušku figuru koja stoji i u desnoj ruci drži kantaros, na desnoj strani je deo vinove loze sa plodovima, a

1. Cvjetićanin 2001, 37 - 40.

2. Cvjetićanin 2001, 93-104; Nikolić-Đorđević 1997, 120, sl. 46.

3. Bolindet 1993, 123-141.



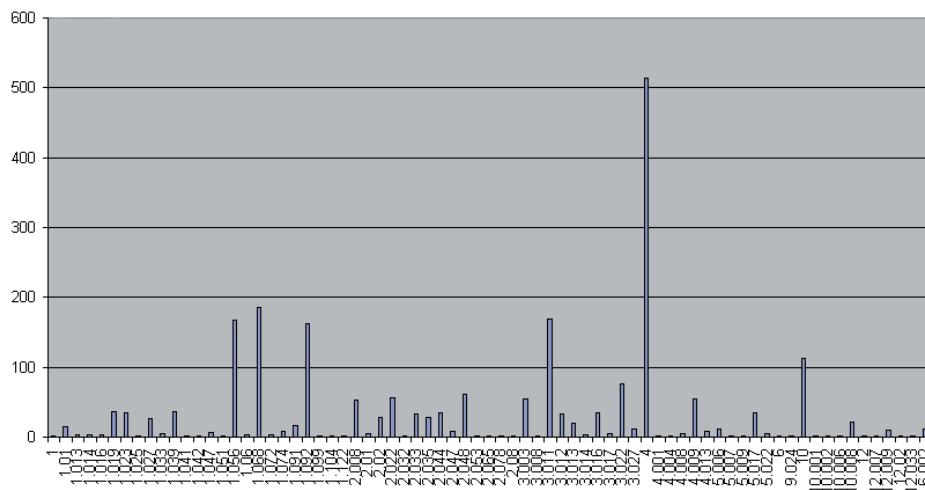
Slika 1. Sloj šuta sa fragmentima posuda i životinjskim kostima



Slika 2. Sloj sa fragmentima posuda, opeka i životinjskih kostiju

pored noge figure muškarca su psi (T. II, sl. 3). Deo gde bi trebalo da se nalazi glava i levo rame nedostaju. Telo zmije je ukrašeno poprečnim paralenim nizovima izvedenim tehnikom ubadanja. Glava zmije je sumarno obrađena i nalazi se na obodu posude. Posebno je zanimljiva muška figura u medaljonu. Analogije koje se mogu naći za ovakve posude ukazuju na njihovo povezivanje sa kultovima bogova plodnosti što se može primeniti i na posude iz Zanatskog centra. Povezivanje sa božanstvom koje ukazuje na kult plodnosti preko vinove loze i preko kantarosa u ruci, te psima koji stoje kraj nogu ukazuju kako na Dionisa, tako i na lokalnu varijantu Libera čiji je kult i inače posvedočen na prostoru Viminacijuma.⁴

4. Spasić-Đurić 2002, 173.



Grafikon sa oblicima posuda koje se javljaju u sloju gde su konstatovani fragmenti posuda sa apliciranim zmijama na lokaciji Zanatskog centra iz Viminacijuma

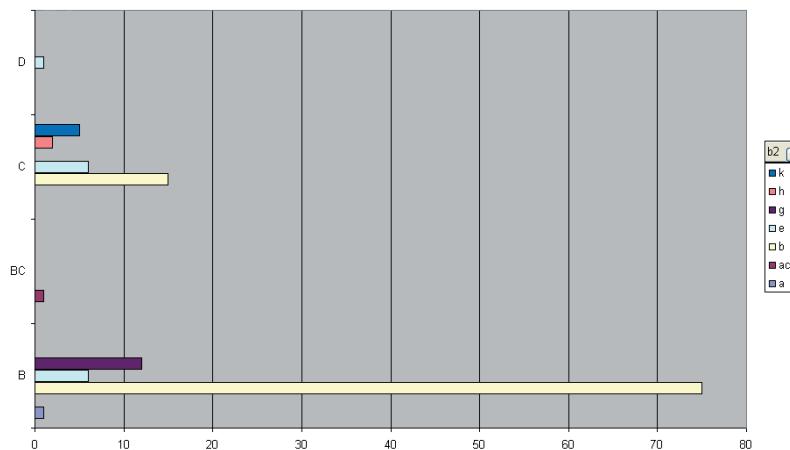
Posude sa apliciranom zmijom kao dekoracijom smatraju se sakralnim posudama i najviše se vezuju za Mitrin kult kao i za kultove drugih istočnih božanstava u prvom redu Sabazija. Noviji autori vezuju ove posude za kult Libera i Libere.⁵ Na mestima gde se ove posude javljaju opredeljene su i kao posude korišćene u funeralnim kultovima sa indirektnim vezama sa Sabazijevim i Dionizijevim krugom. Savremena gledišta su ta, da su ih koristili i u kućnim kultovima, jer je zmija još od ranije bila smatrana za zaštitnicu kuće i porodice. Pažnja se mora obratiti i na lokalne, domorodačke uticaje u dekoraciji ovih posuda, ali i naglasiti uticaj istočnih božanstava. Naime, vojnici regrutovani na Istoku donose svoje kultove koji se mešaju i delimično asimiliraju sa rimskim. Uz specifične lokalne uticaje stvaraju se nova božanstva koja svoj odraz dobijaju u dekoraciji posuda. Tako se među rimskim bogovima pojavljuje i ne mali broj onih koji imaju istočno poreklo, a za koje se vezuje poštovanje zmije. Jedan od njih je i Liber, bog plodnosti, polja, livada i stoke, ali i podzemlja i svih bogatstava koje ono krije. On je i zaštitnik vina i vinove loze sa istim atributima kao i Dionis. Liber se vezuje za kultove prirode i božanstvo je vegetacije i plodnosti.

U slučaju fragmenata sa apliciranom zmijom iz zanatskog centra potrebno je obratiti posebnu

pažnju na ostali materijal među kojem su ovi fragmenati otkriveni. Pažnju privlače fragmenti kostiju opredeljeni kao ostaci govečeta, koji govore u prilog obredima povezanim sa poštovanjem persijskih božanstava. Zmija kao simbol prati Mitru u svim predstavama, bilo da se pojavljuje kod njegovog kipa ili na zadnjoj strani oltarske ploče. Jedna od prepostavki je da se ova posuda mogla upotrebiti u svešteničkom obredu koji su sledili Mitrinom žrtvovanju bika. Iste ovakve posude – lonci sa tri drške oko kojih se uvija aplicirana zmija, pronađeni su u Mitreju na Gornjem Bregu kod Ptua.⁶ Ukrasene su lozicom grožđa sa listovima i plodovima hrasta, žirovima. Vinova loza i grožđe predstavljeno je u našem slučaju u medaljonu koji je bio apliciran na trbušni fragment posude gde je zmijsko telo obmotavalo trbušni posude, uzdizalo se preko drške, sa glavom koja je završavala na obodu posude. Pojava vinove loze i grožđa nije baš česta u Mitrinom kultu, pa se to može pripisati mešanju uticaja sa drugim božanstvima. U mitraizmu se stapaju drugi antički bogovi: Merkur, Venera, Mars, Jupiter, Saturn, Sol i Luna. Ono što podupire odluku da se zmijske posude prvenstveno trebaju vezivati za Mitrin kult jesu i ostali otkriveni fragmenti takvih posuda, gde su u medaljonima apliciranim na trbušima lonaca predstavljeni bikovi. Posude sa

5. Gassner 1990, 654.

6. Lamut 2004, 113.



apliciranim zmijama nađene su na više lokacija na Viminacijumu među kojima i na nekropoli Pećine. Zanatski centar je, u stvari, deo nekropole Pećine, te ne čudi što su u njegovoj neposrednoj blizini nađeni brojni različiti fragmenati posuda sa apliciranim zmijama sa istim tehnološkim karakteristikama. Sve su posude rađene od srednje prečišćene gline crvene boje pečenja, sa tom razlikom da im je spoljašnja površina ili neobradena ili bojena tonovima crvene boje, gde se opet razlikuje kvalitet premaza od slabog, koji se lako otire, do izuzetno kvalitetnog i tzv. firnisa crvenkaste boje. Posebno je zanimljivo da su ovi oblici posuda u stvari isti kao oni iz Zanatskog centra. Radi se, naime, o velikim loncima sa horizontalno izvučenim obodom, sa dve ili tri drške, cilindričnim vratom koji se lomi ka trbuhi na prstenasto profilisanoj stopi (tip II/48).¹ Deo cilindričnog vrata je ukrašen utisnutim vegetabilnim motivima gusto raspoređenim u više redova. Među motivima koji se mogu identifikovati na reljefnim predstavama prepoznaju se biljke kao što su palma, akant, lovor i hrast. Među oblicima na kojima se još javljaju aplicirane zmije izdvajaju se i velike zdele na čijim drškama su sumarno izvedene zmijske glave.

Proizvodni centar ovih posuda mogli bismo prepostaviti na Viminacijumu jer su ove posude nađene na nekoliko mesta u krugu istraženog dela Zanatskog centra, a takođe i na ostalim istraživanim

lokacijama. Na ovakav zaključak navodi to što se ovakve posude ne javljaju na teritoriji provincije Dalmacije, dok ih na prostoru Gornje Mezije i Dakije² ima u velikom broju. Jedna od pretpostavljenih radionica nalazila bi se u Drobeti.

Iz pisanih izvora potkrepljenih dosadašnjim arheološkim istraživanjima Viminacijuma, saznamo da su u gradu i logoru boravili vojnici sa Istoka koji su sa sobom doneli svoje kultove i na ovom prostoru nastavili da ih poštuju. To se, pre svih, odnosi na Mitrin kult koji u svojim različitim stepenima posvećivanja sadrži i obrede inicijacije pri kojima, prepostavljamo da su ove posude i bile upotrebljavane. Za to nemamo direktnih potvrda sem analogija sa drugih lokaliteta na kojima su ovakve posude pronađene u mitrejima. U svakom slučaju, smatramo da ove posude treba svrstati u posude korišćene pri vršenju raznih kultova. Njihova proizvodnja na samom Viminacijumu počinje sredinom II veka.

RESUME

Vessels With Snake-like Applications From Viminacium Production Centre

Vessels with snake-like applications were found at several locations at Viminacium. Here, only those found within the area of the manufac-

1. Raičković 2005, T. VI/69

2. Popilian 1976, Pl. XXVII-XXX/290-303; Popilian 1997, T. XVI-XVII/1-5.

turing centre are presented. They build a smaller, but not less important number of shapes and fragments found. Such vessels are actually big pots with medallions with different scenes on their bellies, around which a snake is applied, who also stretches around the handles and whose head is placed on the horizontally formed rim. The symbol of a snake is connected to various deities and their cults, while in this paper the Mithraistic cult was given priority. The area in which these fragments were found was dated from the middle of 2nd throughout the whole 3rd century according to small finds. The production of such vessels within the manufacturing center can also be placed into this chronological frame.

Translated by M. Tapavički-Ilić

BIBLIOGRAFIJA

Bolindet 1993

V. Bolindet, Considération sur l'attribution des vases de Dacie romaine décorés de serpentr appliqués, *Ephemeris Napocensis III*, Cluj-Napoca 1993, 123 – 141.

Cermanović-Kuzmanović, Srejović 1992

A. Cermanović-Kuzmanović, D. Srejović, *Leksikon religija i mitova drevne Evrope*, Beograd 1992.

Cvjetićanin 2001

T. Cvjetićanin, *Gledosana keramika Gornje Mezije*, Beograd 2001.

Cvjetićanin 2001

T. Cvjetićanin, Snake Vessels from Diana, *Die Archäologie und Geschichte der Region des Eisernen tores zwischen 106-275 N. Chr.*, Bucureşti 2001, 93 – 104.

Gassner 1990

V. Gassner, Schlangengefäße aus Carnuntum, *Akten des 14. Internationalen Limeskongress 1986 in Carnuntum*, Wien 1990, 651 – 656.

Ivanišević, Nikolić-Đorđević 1997

V. Ivanišević, S. Nikolić-Đorđević, Novi tragovi antičkih fortifikacija u Singidunumu – lokalitet Knez Mihailova 30, *Singidunum I*, Beograd 1997, 65 – 150.

Jordović 1995

Č. Jordović, Grnčarski i ciglarski centar u Viminaciju, *Saopštenja XXVI*, Republički zavod za zaštitu spomenika kulture, Beograd 1995, 95 – 106.

Lamut 2004

B. Lamut, Posudi z mitraično kultno simboliko iz Petovione, *Rimljani: steklo, glina, kamen*, Katalog za izložbu, Celje 2004, 112 – 115.

Munsell 1975

Munsell Soil Color Charts, Baltimore, Maryland 1975.

Nikolić-Đorđević 2000

S. Nikolić-Đorđević, Antička keramika Singidunuma, *Singidunum II*, Beograd 2000, 11 – 244.

Popilian 1976

G. Popilian, *Ceramica Romana din Oltenia*, Craiova 1976.

Popilian 1997

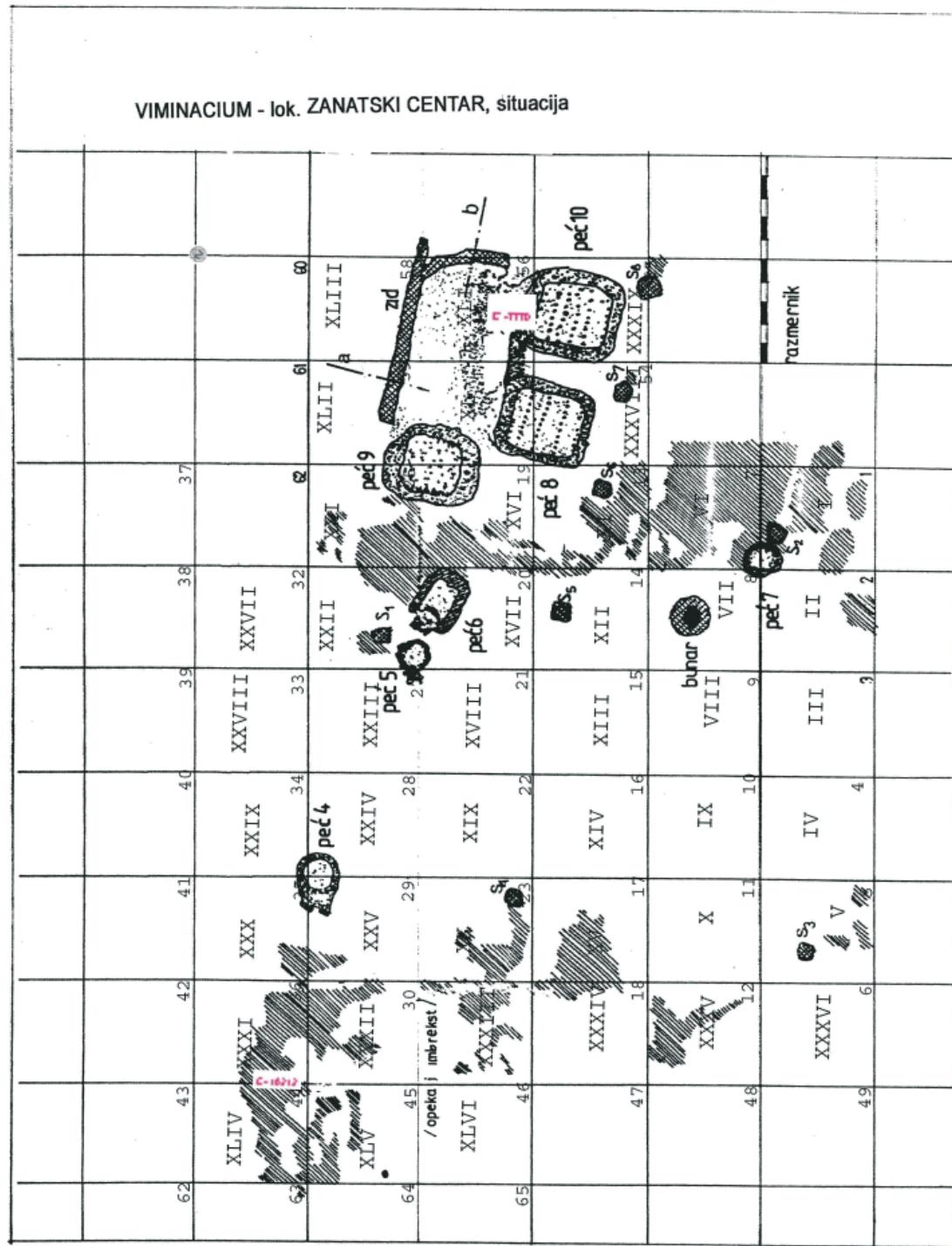
G. Popilian, Les centres de production céramique d'Olténie, *Études sur la céramique romaine et daco-romaine de la Dacie et de la Mésie Inférieure*, Timișoara 1997, 7-21.

Raičković 2005

A. Raičković, *Keramičke posude iz Zanatskog centra sa Viminacijuma*, magistrska teza u rukopisu, Beograd 2005.

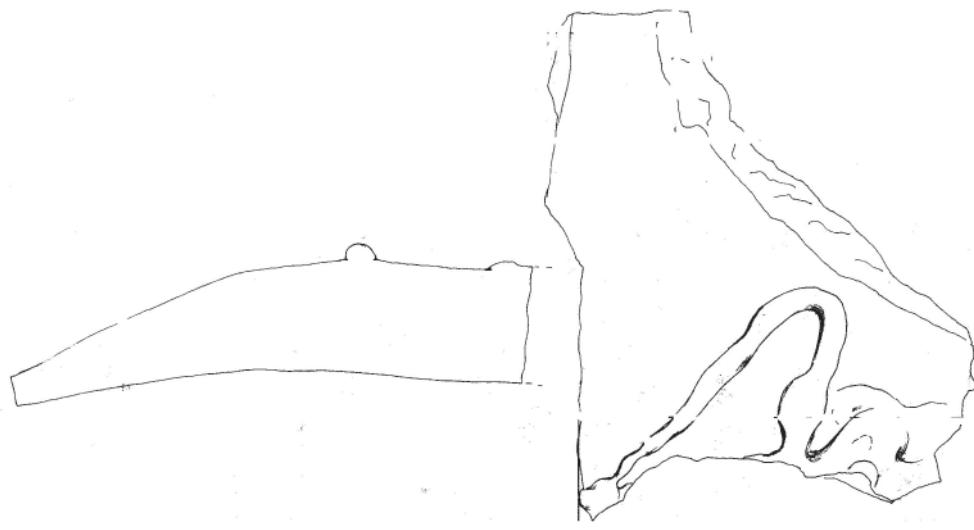
Spasić-Đurić 2002

D. Spasić-Đurić, *Viminacijum glavni grad rimske provincije Gornje Mezije*, Požarevac 2002.

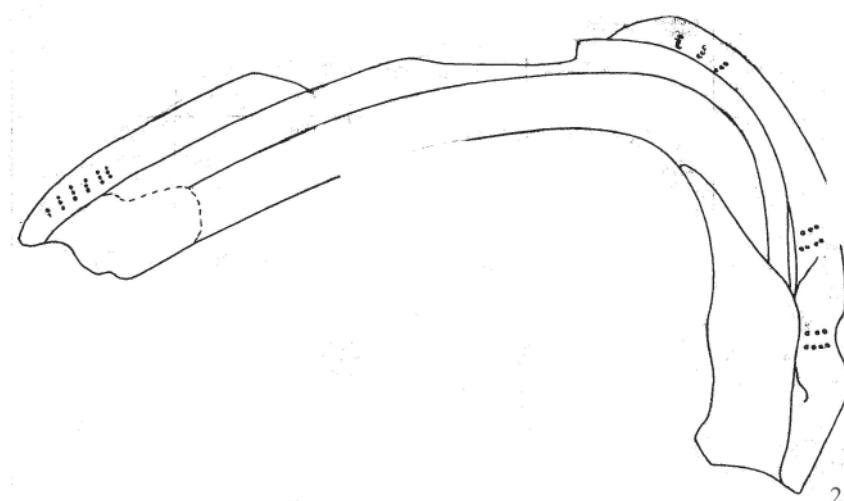


Plan I. Mesto nalaza posuda sa apliciranim zmijama u Zanatskom centru

T. I

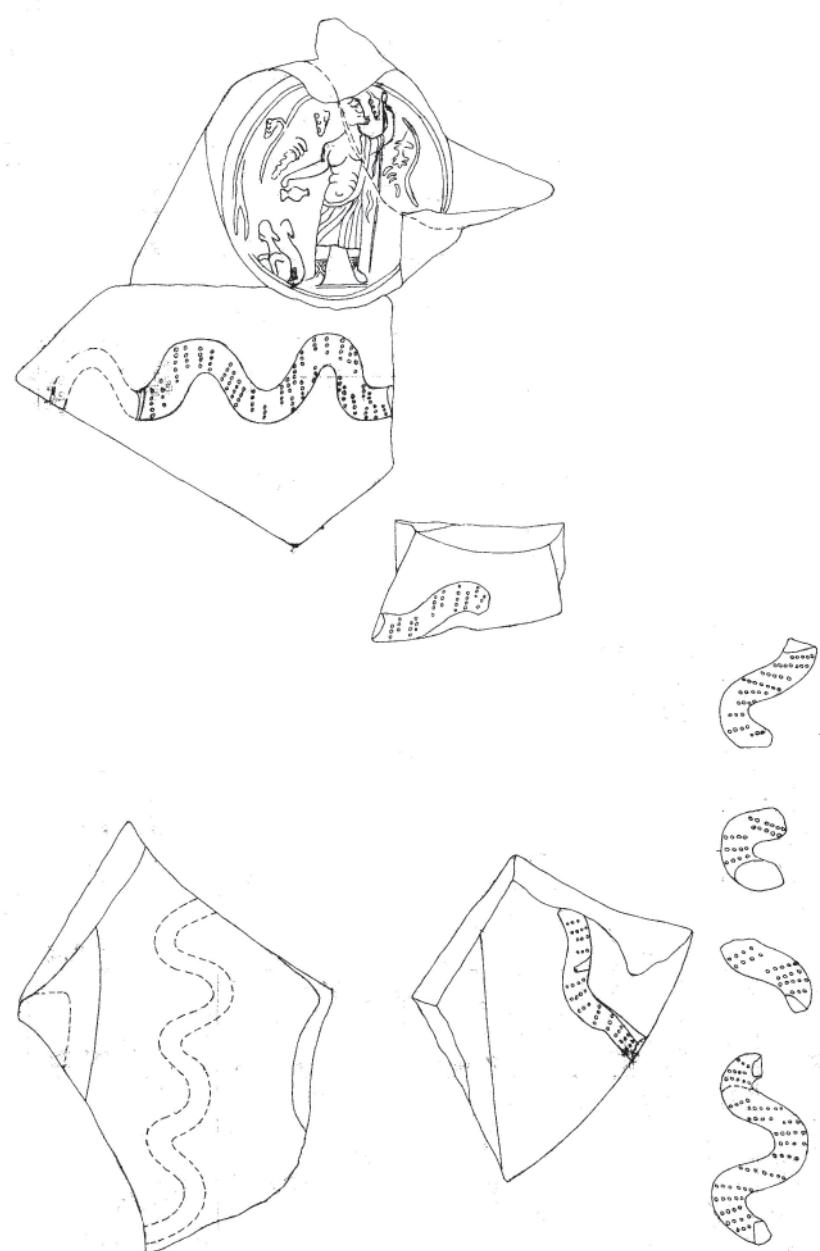


1



2

R (2:3)

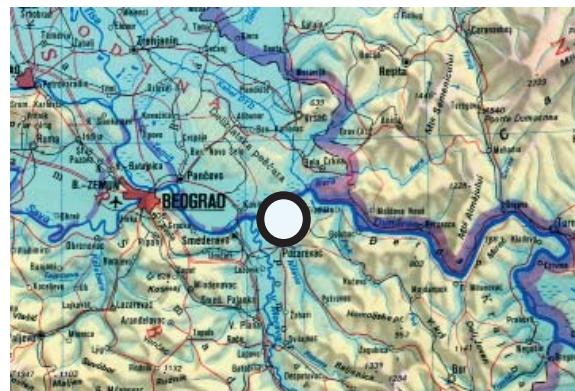


R (2:3)

Angelina Raičković
Arheološki institut Beograd

Saša Redžić
Arheološki institut Beograd

Dragana Rogić
Arheološki institut Beograd



UDK 904:738.6(497.11)"01/02"

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

TERAKOTE SA PROSTORA ZANATSKOG CENTRA VIMINACIJUM

ABSTRAKT

Tema rada su terakote i kalupi za terakotu pronađeni u otpadnoj jami i sloju šuta u okviru istraženog dela Zanatskog centra na Viminacijumu. One su deo proizvodnog assortimana ovog zanatskog centra, a njihova brojnost skoncentrisana na jednom malom prostoru vezuje ih za određenu peć i otpadnu jamu uz nju. Lokalni su proizvod i predstavljaju jeftiniju zamenu za razne figurice rađene u metalu ili mermeru.

KLJUČNE REČI: TERAKOTA, KALUPI ZA TERAKOTU, VIMINACIJUM, ZANATSKI CENTAR, OTPADNE JAME, KERAMIČKI PROIZVODI.

U toku istraživanja Zanatskog centra na Viminacijumu u prostoru nazvanom kanal za kišnu kanalizaciju otkriveno je nekoliko otpadnih jama. Sadržaj kojim su bile ispunjene tri otpadne jame činili su fragmenti keramičkih posuda, žižaka, opeka i terakota. Pronalazak kalupa za terakote i samih terakota vezan je na celom prostoru Zanatskog centra samo za otpadnu jamu br. 3 i jedan fragment terakote u sloju šuta u kvadratu XXXI (Plan br. I). Postojanje ovih otpadnih jama u neposrednoj blizini peći vezuje ih direktno za njih sa tim naglaskom da su peći uz koje vezujemo ove tri jame po svojoj funkciji opredeljene kao opekarske peći. Njihova konstrukcija i veličina, te fragmenti opeka, imbreksa i tegula nesumljivo na to ukazuju. Zanimljivo je

da su velike opekarske peći mogle istovremeno da se koriste i za pečenje drugih keramičkih proizvoda kao što su posude, žižci ili terakote.¹ U prvi mah za očekivati je da se velike peći iskoriste za pečenje velikih posuda, međutim, pronađeni materijal kako u samim pećima, tako i u otpadnim jamama u njihovoј neposrednoj blizini nam daje upravo suprotnu sliku.

Uz ovu terakotu nađeno je i nekoliko fragmenata zdela, lonaca, krčaga i jedne amfore (T. III), zatim nekoliko žižaka, kalup za reljefne posude, pečat, bronzani, loše očuvani novčić, igla i koštana oplata (T. IV).

1. Za terakote se još koriste i izrazi glinene statuete, terakotna plastika, koroplastika i dr.

Proizvodnja terakota je značajna jer su one zamenjivale skupocenije skulpture rađene od kamena ili bronce i samim tim bile dostupnije širem sloju stanovništva. Masovno su proizvođene. Ponekad su predstavljale skromne i neuspele imitacije nekih drugih dela rađenih u kamenu, metalu, mozaiku, na gemama ili žišcima, rađenim u drugim tehnikama, a ponekad su bile proizvod ličnog viđenja i umetničkih sklonosti majstora. Kroz proučavanje terakota mogu se pratiti promene u materijalnoj kulturi i razvitak tehnoloških karakteristika celokupne keramičke proizvodnje jer se tehnika izrade terakote menjala kroz vekove.¹ Proizvodi od terakote imali su višestruku namenu. Mogli su se prinositi kao votivni darovi u hramovima i kućnim kapelicama, prilagati u grobove, a imali su i dekorativnu funkciju i bili poklanjanji kao igračke ili kao poklon za uspomenu.

Na prostoru istraživanog dela Zanatskog centra otkriveno je ukupno 11 fragmenata terakote i kalupa. Podeljeni su u nekoliko grupa. Prvu grupu čine tri kalupa za izradu ženskih likova u en face položaju, drugu grupu čine maske, treću ukrasne pločice, četvrtu biste i petu igračke. Ovakva podela mora se shvatiti uslovno i napravljena je samo radi lakšeg grupisanja i opisivanja pronađenog materijala.

KATALOG

Sl. 1 Kalup za terakotu i otisak terakote, gornji deo ručno modelovanog mrko pečenog kalupa koji je služio za izradu ženske biste u en face položaju. Ženski lik je prikazan sa bujnom kosom razdeljenom po sredini glave koja pada u pramenovima sa strane lica i sa velom koji natkriva glavu. Oko vrata lika nazire se trag lančića ili ogrlice, a na grudima se naziru nabori haljine. Visina 6,3 cm.

Sl. 2 Mrko pečeni kalup i otisak terakote ručno modelovan, predviđen za izradu ženske biste u en face položaju. Ne vidi se da li se radi o velu ili kosi koja pada na ramena. Nos je šematski izведен u obliku trougla i sa tek naznačenim očima i ustima.

1. Pejović 1995, 37.

Visina 5,7 cm.

Sl. 3 Mrko pečeni kalup za terakotu i otisak terakote, ručno modelovan, prikazuju en face ženski lik uokviren kratkim kovrdžama. Lepo izvedene kovrđe, naglašena deblja usta i mali nos, te bucmasti obrazi možda prikazuju i dete. Visina 6,7 cm.

Sl. 4 Donji deo crveno pečene ploče rađene u kalupu. Na donjoj osnovi su prikazana tri lika (boja pečenja, Munsell: 7,5 YR 6/6). Posmatrani sa leva na desno: ženska glava sa dugačkom, po sredini razdeljenom kosom čiji su pramenovi na levoj strani glave naznačeni kosim urezima. Sa temena glave druge figure spuštaju se pramenovi kose koja je u slepočnom delu privezana. Poslednja figura je najverovatnije muška, ima plitak pilos na glavi sa zadebljanim obodom. Na ovoj ploči se možda radi o prikazu mlađe ženske osobe, starije ženske osobe i muškarca. Predstavlja samo fragment veće ploče tako da nije poznata njena namena, a jedna od prepostavki je da se radi o predstavama pozorišnih maski. Analogije za ovako izvedene likove nalazimo u Ptiju² gde se isti likovi nalaze na pojedinačnim kalupima za terakotu bez bližeg objašnjenja o njihovoj simbolici. Dimenzije sačuvanog dela ploče su 10,7 x 5,7 cm.

Sl. 5 Fragment crveno pečene terakote na kojoj je prikazana, možda, Venera. Očuvani su delovi koji se ne spajaju i veći deo sa šakom i nogama. Sa sigurnošću se može odrediti da je predstavljena ženska bista po naborima tkanine i po zaokrugljenom trbuhu preko kojeg je prebačena leva ruka koja pridržava tkaninu. Za Veneru smo se odlučili sledeći predstave Venere rađene u drugim tehnikama i materijalima. Dimenzije većeg sačuvanog dela su 11 x 4 cm.

Sl. 6 Fragment gornjeg dela tela sa očuvanom desnom rukom sa dugačkim rukavom koji je naznačen horizontalnim naborima i desno poprsje. Najverovatnije se radi o predstavi muške osobe, ali fragmentarna očuvanost ne dozvoljava detaljnije identifikaciju. Dimenzije sačuvanog dela 9 x 5 cm.

Sl. 7 Fragment maske od koje je očuvan gornji deo lica sa delom dijademe. Rađena je u kalupu.

2. Žižek 2004, 124.

Dimenzije 14 x 12 cm. Radi se o ženskom liku na kome je kosa prikazana sitnim urezima.

Sl. 8 Fragment nogu i dela draperije na cilindričnom šupljem postolju. Prečnik postolja je 9 cm. Mogu se razaznati noge konja i deo dvokolica. Radi se najverovatnije o figurici koja je rađena po uzoru na neku rađenu u bronzi, a analogije za to nalazimo u sitnoj bronzi Singidunuma. Dimenzije sačuvanog dela 7 x 5 cm.

Sl. 9 Dve polovine kalupa, gornjeg i donjeg dela. Očuvan je deo nogu i pravougaono postolje. Po zaobljenosti tela može se zaključiti da se radi o nagoj ženskoj osobi. Kalup je sačuvan od dela leđa pa do postolja sa zadnje strane, a sa prednje od struka do dna postolja. Dimenzije većeg sačuvanog dela 10,5 x 6 cm.

Sl. 10 Fragment crveno pečene maske. Očuvan je deo arkade i deo sa kosom. I u ovom slučaju najverovatnije se radi o ženskom liku veoma sličnom liku iz kalupa br. 1, s tim da ova maska ima svog dvojnika i u bronzanoj aplikaciji pronađenoj na istom mestu. Bogati nabori kose podeljene po sredini temena prekriva linijski prikazana dijade-ma. Dimenzija 16,5 x 18,5 cm.

Sl. 11 Crveno pečeni točak za dečija kolica sa perforacijom na sredini i sa paorcima prečnika 6 cm. Ovakav točkić je najverovatnije deo igračke od dečijih kolica kakva su nalažena i na drugim lokacijama na Viminaciju. Točkovi su izrađeni od pečene gline, a ostali delovi od drveta koje se nije sačuvalo. Isti točkići mogu biti i deo terakote u obliku konjića.³ Prečnik točkića je 6 cm.

Pošto su najveći broj kalupa za terakotu i terakota iz Zanatskog centra nađeni na manjem prostoru koji je bio zatvoren slojem šuta, a u okviru otpadne jame, potrebno je prikazati i skrenuti pažnju i na ostali keramički materijal pronađen u toj zatvorenoj celini. U prilogu je data tabela sa grafikonima oblika posuda iz ove celine.⁴

Oblici posuda koji se javljaju u ovoj otpadnoj jami rađeni su od srednje prečišćene gline crvene

boje pečenja i spoljne površine neobrađene ili bojene tonovima crvene boje. To su oblici koji su korišćeni u svakodnevnom životu za pripremanje, služenje i konzumiranje hrane i pića. Hronološki ovi oblici nisu preterano osetljivi i njihovo datovanje u okviru Zanatskog centra je od druge polovine II veka kroz ceo III vek.

Kalupi za figurice, polufigurice, aplikacije i ostalo, rađeni su vrlo rustično, od iste gline kao i posude i time pokazuju da su ih proizvodili ovdašnji majstori. I na drugim lokacijama na Viminaciju javljaju se u broju koji može da opravda pretpostavku o postojanju radionice za njihovu proizvodnju u Zanatskom centru. Nedostaju analogije koje nije lako pronaći jer su terakote proizvedene po ukusu lokalnih majstora i kao takve analogije im se mogu naći samo u sličnim predmetima rađenim u drugim, uglavnom skupljim i ređim materijalima.

Analogije za način izrade i motive na terakotama možemo naći u radionicama sledećih rimske centara: *Poetovio, Siscia, Neviodunum, Mursa, Teutoburgium, Sirmium* i *Singidunum*.

RESUME

Terracottas From the Viminacium Production Center

The terracottas found in the rubbish pit nr. 3, as well as a single example found in the debris layer, represent a part of a broad repertoire of the Viminacium production center. According to small finds, as well as to pottery and brick kilns, this manufacturing center can be dated from the middle of 2nd century throughout the whole 3rd century. This is also the period of production of such terracottas and their moulds. Rustic appearance points out to local craftsmen. The clay of the same quality and colour confirms this hypothesis and shows that this manufacturing center was the place of their production. Further on, this is confirmed by a great number of over 200 terracottas found at other locations at Viminacium.

Translated by M. Tapavički-Ilić

3. Premk 1994, Fig. 8.

4. Oblici posuda obrađeni su detaljnije u magistarskoj tezi A. Raičković koja je u rukopisu.

BIBLIOGRAFIJA**Pejović 1995**

Z. Pejović, Terakote iz zbirke muzeja Srema,
Zbornik muzeja Srema 1, Sremska Mitrovica 1995, 37
- 62.

Premk 1994

A. Premk, Terra-Cotta Animal Figurines from
Viminacium, *Starinar XLV-XLVI*, Beograd 1994/95,
143-155.

Raičković 2005

A. Raičković, *Keramičke posude Zanatskog centra
iz Viminacijuma*, magistarska teza u rukopisu, Beograd
2005.

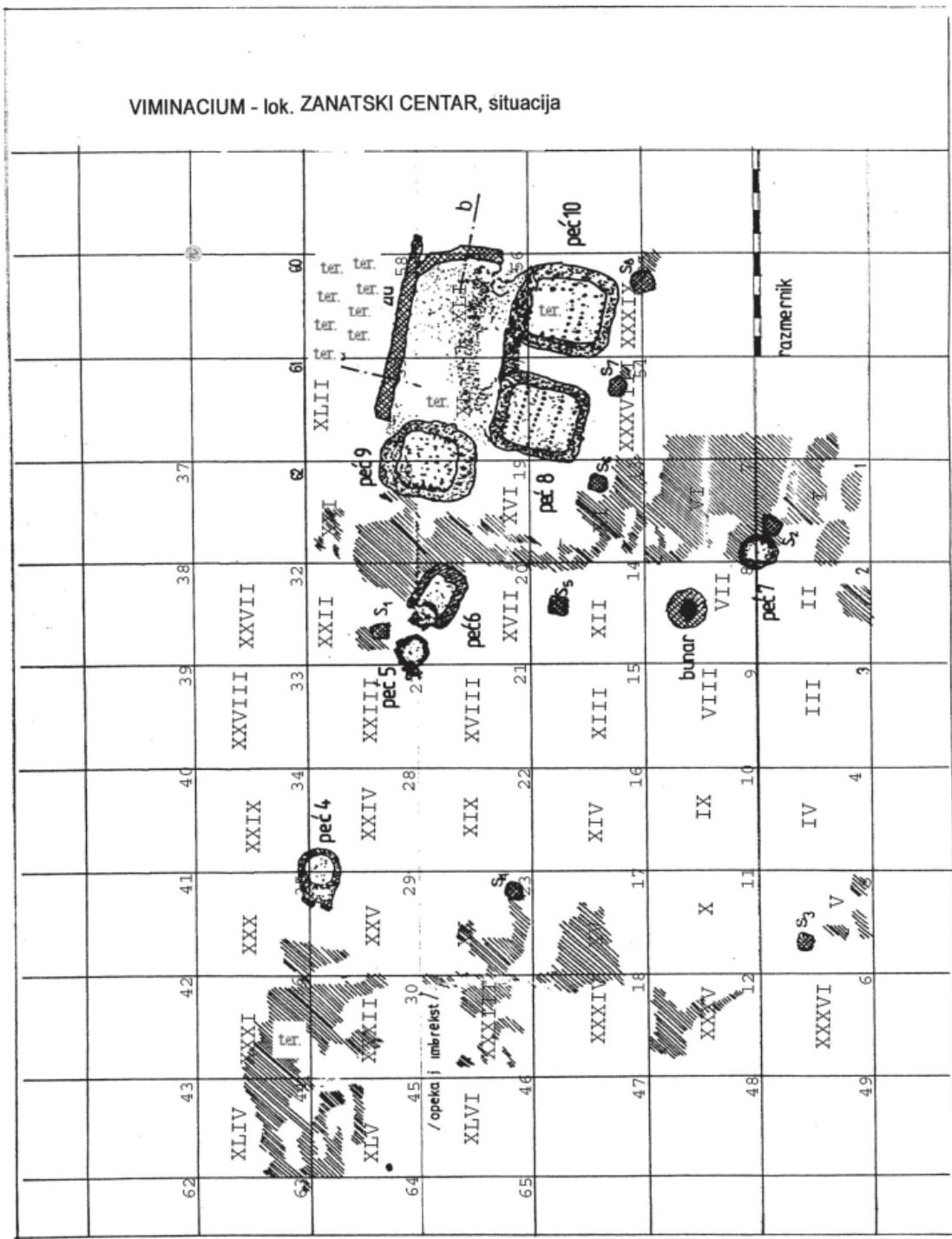
Veličković 1957

M. Veličković, *Katalog grčkih i rimske terakota*,
Beograd 1957.

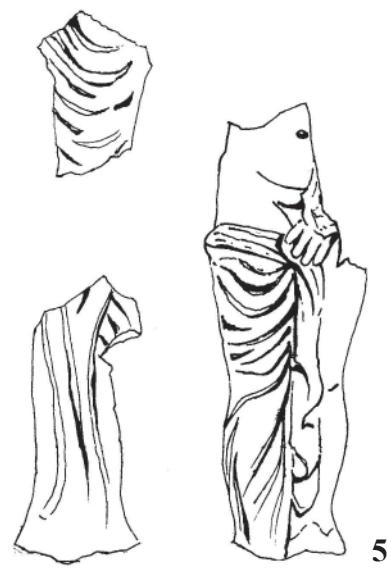
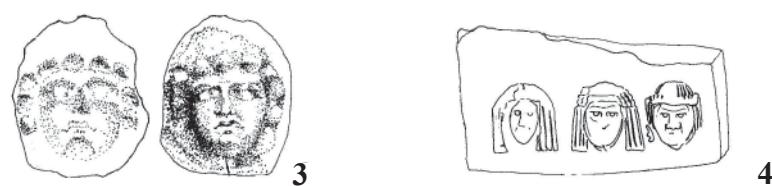
Žižek 2004

I. Žižek, Katalog predmeta, *Rimljani: steklo, glina,
kamen*, Katalog za izložbu, Celje 2004, 124 – 143.

P. I

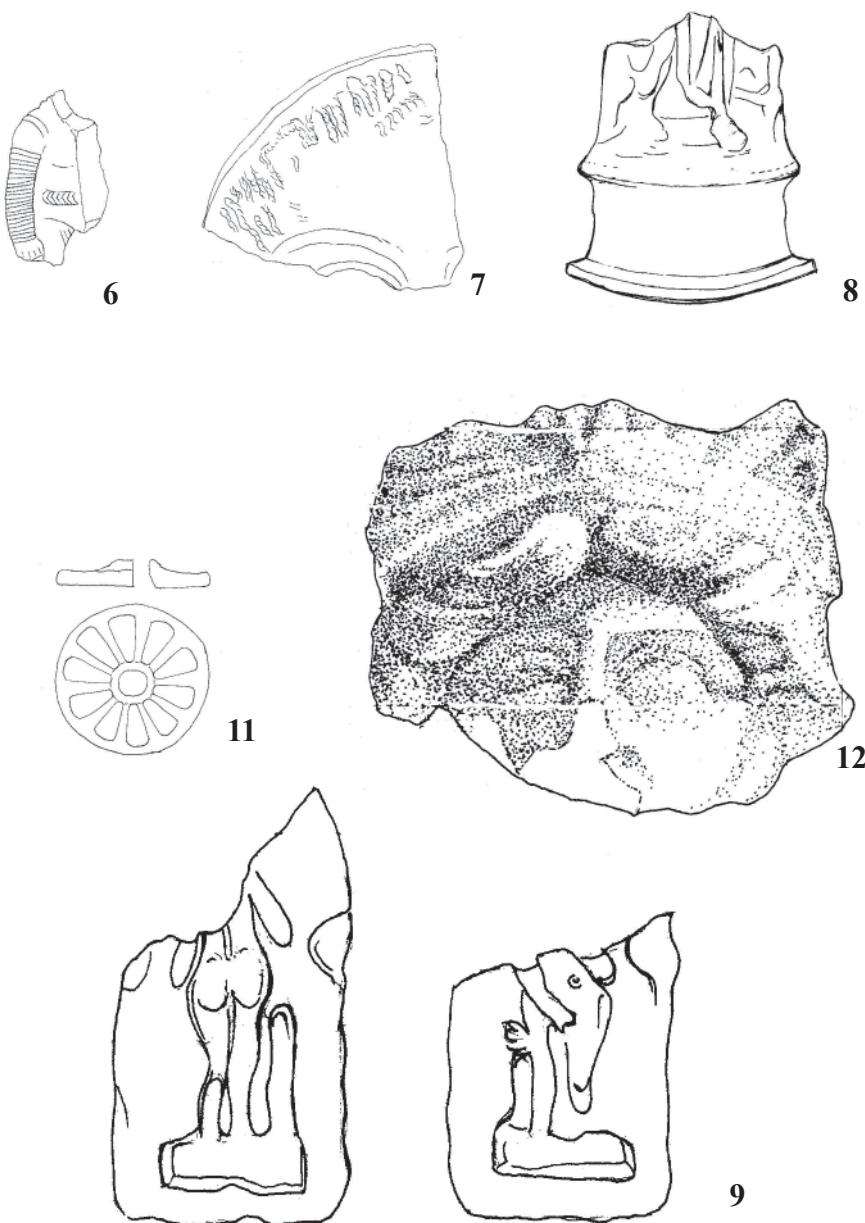


Mesto nalaza terakota u Zanatskom centru

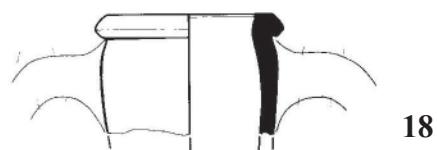
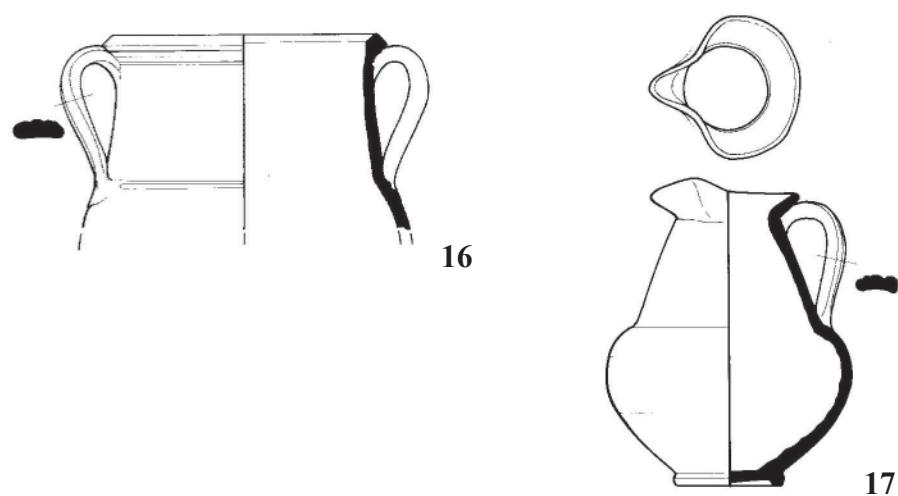
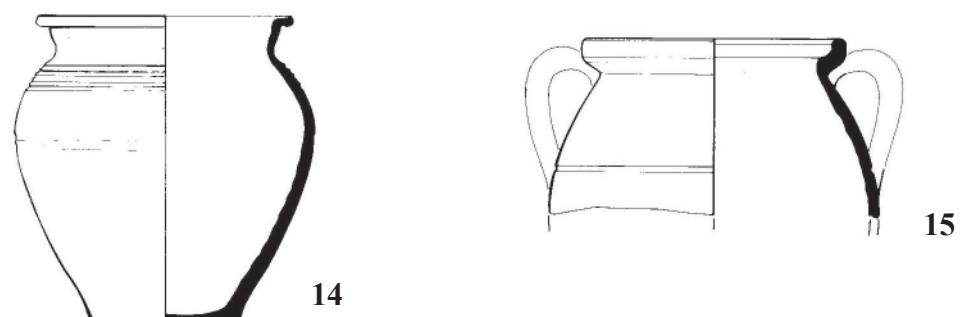
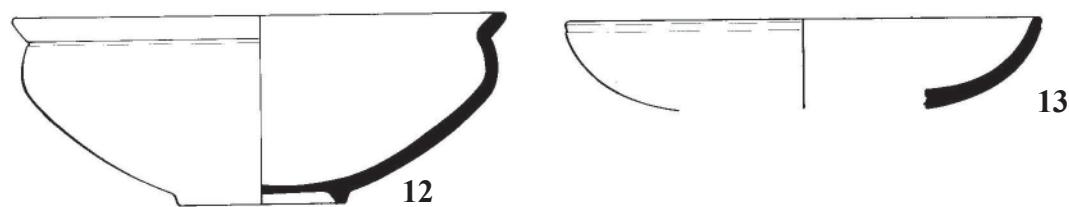


R (2:3)

T. II

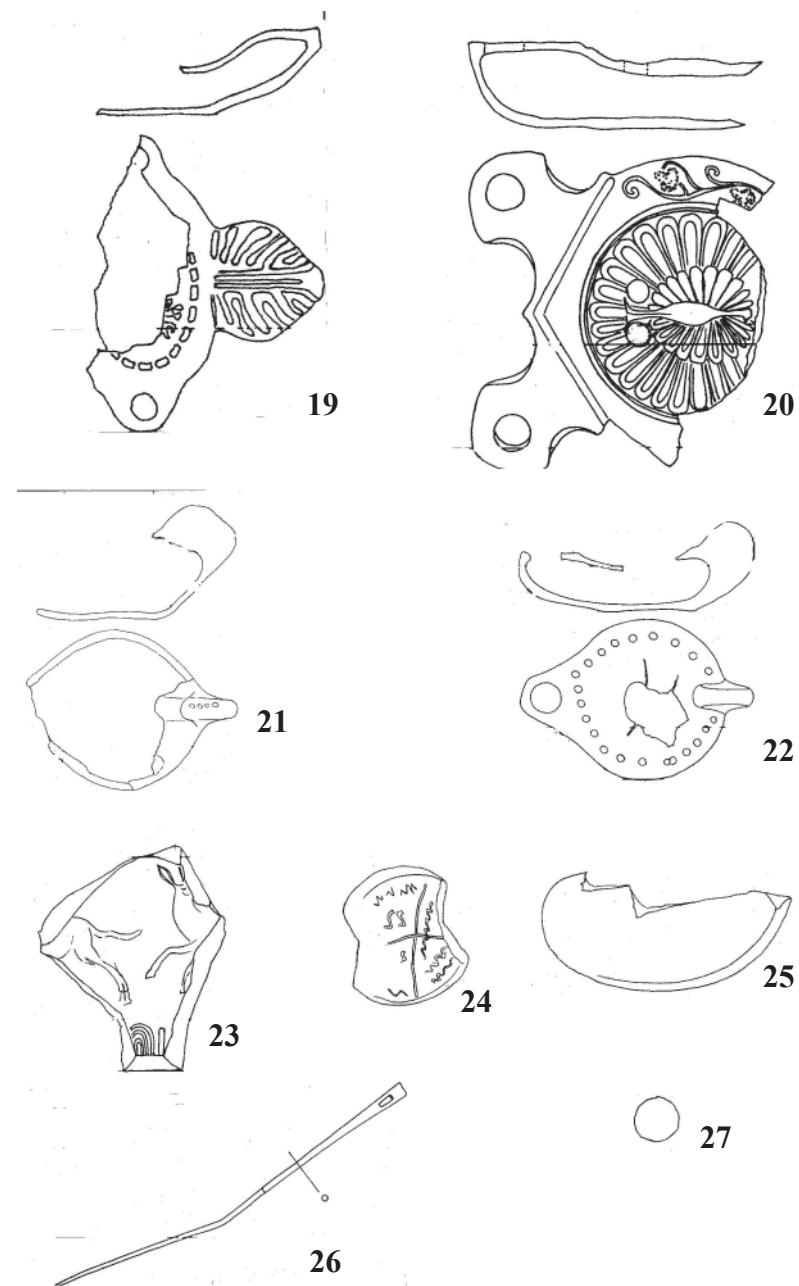


R (2:3)



12 - 17 R (1:4), 18 (1:6)

T. IV

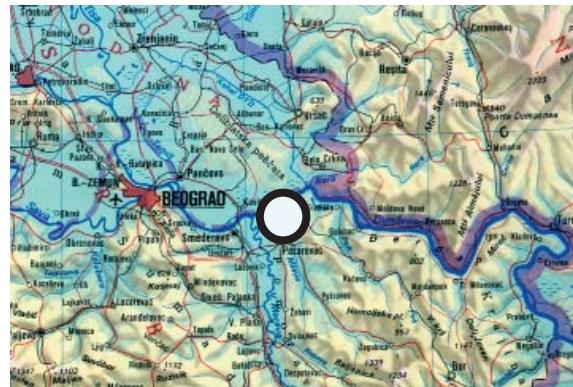


R (2:3)

Mirjana Arsenijević
Arheološki institut Beograd

Saša Redžić
Arheološki institut Beograd

Milica Tapavički-Ilić
Arheološki institut Beograd



UDK 904:737.1.032(37)"-0007"

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

JEDAN REDAK PRIMERAK KOVANJA AVGUSTA OKTAVIJANA PRONAĐEN NA VIMINACIJUMU

ABSTRAKT

Na Viminacijumu, u jednom od grobova na nekropoli „Pećine“, pronađen je, tokom sistematskih istraživanja 1982., primerak retkog kovanja Avgusta Oktavijana iz 7. g. p. n. e.

KLJUČNE REČI: AVGUST OKTAVIJAN, TRIJUMFALNO KOVANJE, VIMINACIJUM

Tokom sistematskih istraživanja na Viminacijumu 1982. na nekropoli „Pećine“ pronađen je i jedan bronzani primerak kovanja Avgusta Oktavijana¹. Radi se o retkom kovanju koje potiče iz 7. g.p.n.e. monetara P. L. Agripe (BMC I, 214; RIC I rev. ed., 426). Na aversu je prikazana glava Avgusta s lоворovim vencem na levo, iza je Viktorija, u celoj figuri, koja u levoj ruci drži rog izobilja, a u desnoj venac kojim ovenčava cara. Prateća legenda je: CAESAR AVGVST PON[T] [M]AX TRIBV-NIC POT (Sl. 1). Na reversu se u sredini nalaze velika slova S C, dok je okolo natpis: P LVRIVS AGRIPPA III VIR AAA F F (Sl. 2).²

Novac pripada tzv. „trijumfalnim emisijama“, kovanim za vreme monetara Agripe, Otona i Tula. Novac se razlikuje samo u reversnoj legendi koja nosi ime svakog od monetara posebno. Pored tipa, kao što je naš s Viminacijuma, postoji i varijanta s malim globom ispod glave Avgusta. Osim toga, glava Avgusta uvek je ovenčana lavorovim vencem i okrenuta na levo. Postojala su izvesna neslaganja oko opredeljivanja nominala ovog kovanja, a ona su se odnosila na njihovu težinu i prečnik (RIC I red. ed.: 33; Martini 2001: 118, f. 363).³ S obzirom da se radi o kovanju u bronzi, a ne u orihalku, ne može se reći da pripadaju sestercijusima ili dupondijusima, nego asovima.⁴

1. Novac potiče iz groba s inhumiranim pokojnikom (G-1807, C-5121). Ovom prilikom zahvaljujem se koleginici Dragani Spasić-Đurić na ustupljenom materijalu.

2. Težina 18,10 gr; prečnik 30,8 mm; osa reversa u odnosu na avers 2200. Na mestu slova T u PONT i M u MAX u okviru aversne legende, novac je probušen i to veoma pravilno. Očigledno je nošen kao privezak.

3. Težina i prečnik veći su nego kod uobičajenih asova. U vreme Avgusta as teži između 9 i 12 gr.

4. Kako težina poznatih trijumfalnih asova varira od 35 do 17 gr, Matingli i Sidenham zaključuju da su teži primerci dupondijusi, a oni lakši asovi. Te da su ovo jedini primerci kovanja dupodnjusa u bakru tokom Carstva (RIC I: 55). Saterland u revidiranom izdanju RIC I Za sva dosadašnja



Avers (levo) - Revers (desno)

Ako se u obzir uzme samo težina primeraka, zaključak autora RIC I mogao bi se i prihvati. Ali na osnovu toga izведен zaključak da su to „jedini primeri dupondijusa u bakru“ bez drugog objašnjenja ne možemo prihvati. Naročito što je kod svih primeraka, bez obrzira na težinu, Avgustova glava ovenčana lovovim vencem, a ne zrakastom krunom. Kao i to da su kovani od bakra a ne od orihalka.

Viktorija koja kruniše Avgusta upućuje na povezanost s vojnom aktivnošću i najverovatnije stoji u vezi s trijumfom Tiberija iz 7. g.p.n.e. koji je ostvaren pod Avgustovim auspicijama.⁵ U ovom slučaju radi se o posebnoj, svečanoj, emisiji, koja proslavlja pobedu Tiberija i najverovatnije ima karakter medaljona.⁶ Događaj koji je obeležen ovim kovanjem stoji u vezi s vojskom, trijumfom Tiberija, i primer je sasvim izuzetne emisije. Njegova pojava u jednom od grobova na Viminaciju koji potiče iz nešto pozniјeg vremena od vremena kovanja, kao i činjenica da je probušen i nošen kao privezak, govori nam da je ovaj primerak čuvan duže vremena možda i u okviru iste porodice. Postoje i drugi primeri s viminacijumske nekropole Više Grobalja koji pokazuju da se određena kovanja u bakru dugo čuvaju. U tim slučajevima uvek se radi o posebnim, komemorativnim, emisijama.⁷ Bronzani novac

sigurno nije čuvan tako dugo zbog velike vrednosti metalra, kao što je to slučaj sa zlatnim ili srebrnim novcem. Bronzani primeraci koji su pripadali posebnim, komemorativnim, emisijama čuvani su očito iz drugih razloga odnosno zato što su podsećali na značajne ličnosti i događaje koji su uticali na osnivanje i dalji razvoj i napredak Carstva.

RESUME

A Rare Coin of Augustus Octavianus from Viminacium Necropolis

In 1982, during the systematic excavation of the “Pećine” necropolis at Viminacium, a rare coin of Augustus Octavianus was found. It was minted in the year 7. B.C. by P. L Agrippa. On the obverse, the head of Augustus with a laurel wreath facing left is depicted, behind him there is the whole figure of Victoria, who holds a cornucopia in her left hand and a wreath with which she crowns the emperor in her right hand. The inscription says CAESAR AVGVST PON[T] [M]AX TRIBV-NIC POT (Fig. 1). On the reverse there are capital letters S C in the middle, while the inscription surrounding them says: P LVRIVS AGRIPPA III VIR A A A F F (Fig. 2). Victoria crowning the emperor points out to his military activity and is most probably to be connected to the Tiberius’ triumph in the year 7. B.C, which je i novac Tiberija koji pripada komemorativnoj seriji i posvećen je Agripi (C-2624/1); u drugom grobu (G1-513 Više Grobalja) pronađen je novac Aurelijana (C-4420/2) uz novac Tiberija koji pripada komemorativnoj seriji Divus Augustus Pater (C-4420/1).

mišljenja o ovom problemu vidi Martini 2001: 118-119.

5. Tiberije je posle smrti Druza preuzeo komandu nad vojskom na germanskoj granici. Bez većeg otpora Tiberije prelazi Rajnu i 7. g. p. n. e. i za to dobija trijumf (BMC I: xcvi; CAH X: 363).

6. RIC I rev. ed.: 33, f. 8.

7. Navećemo samo nekoliko primera: u istom grobu (G-289 Više Grobalja) uz novac Trajana (C-2624/2) pronađen

was gained under Augustus auspiciae. here, one is dealing with a special, festive emission of asses, which celebrate Tiberius' triumph. The event which is celebrated with this minting is to be connected to the army and Tiberius' triumph and represents an example for very exceptional ass series.

Translated by M. Tapavički-Ilić

BIBLIOGRAFIJA

BMC I 1923

Mattingly, H. *Coin s of the Roman Empire in the British Museum I*, London, 1923.

CAH X 1976

The Cambridge Ancient History X, ed. by S. A. Cook, F. E. Adcock and M. P. Charlesworth, Cambridge 1976.

Martini 2001

2001 *CAESAR AVGSTVS Collezione Veronelli di monete di bronzo*. Milano: Centro Culturale Numismatico Milanese.

RIC I 1968

Mattingly H, Sydenham E.A, *The Roman Imperial Coinage I*, London, 1968.

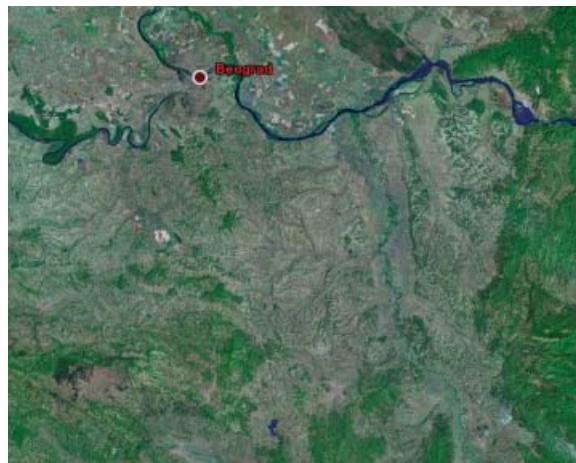
RIC I 1984

Sutherland S. H. V. *The Roman Imperial Coinage, I, 31 BC - AD 69*, London 1984 (rev. ed.).

Milica Tapavički-Ilić
Arheološki institut Beograd

Mirjana Arsenijević
Arheološki institut Beograd

UDK 904:636"652"(497)



STOČARSTVO CENTRALNOG BALKANA NA PRELASKU STARE U NOVU ERU

ABSTRAKT

Rad se bavi promenama u stočarstvu koje su se na prelasku Stare u Novu eru odvijale na prostoru centralnog Balkana, odnosno na prostoru koji su tada naseljavali Skordisci. S obzirom da je ovaj aspekt materijalne kulture u srpskoj arheologiji malo proučen, izgrađen je model putem poređenja sa srodnim istraživanjima u centralnoj Evropi.

Tokom kasnog gvozdenog doba, glavne životinjske vrste koje su uggajali Skordisci bili su konji, krave, ovce i svinje. Slična situacija se uočava kod keltskih plemena sa područja centralne Evrope. Najvažnije promene do kojih je došlo nakon rimske okupacije obuhvataju uzgoj većih primeraka vrsta koje su na toj teritoriji već bile prisutne tokom kasnog gvozdenog doba, kao i delimična izmena u nameni za koju su određene životinjske vrste uggajane. S obzirom na to, slične promene se mogu očekivati i u stočarstvu Skordiska.

KLJUČNE REČI: ARHEOZOLOGIJA, KELTI, SKORDISCI, RIMLJANI

Arheozoološka istraživanja su od velikog značaja zapravo uvek nekadašnjih poljoprivrednih i stočarskih potencijala jednog područja. Ovakva istraživanja u srednjoj Evropi u poslednjih nekoliko decenija zasnivala su se na bogatom materijalu iz latenskog i rimskog perioda. Raspoloživi materijal iz ovih perioda obuhvata oko 300 obrađenih kompleksa sa životinjskim ostacima. Relativno dobro su ispitana područja Švajcarske, jugozapadne i južne Nemačke, oblast donje Rajne,

obala Atlantika između Rajne i Elbe, Tiringen i mađarski deo Panonije.¹ Za period prelaska Stare u Novu eru na srednjeevropskom području utvrđeno je postojanje oko 180 životinjskih vrsta.²

Arheozoološki nalazi pokazuju da je u uggajanju domaćih životinja u periodu prelaska Stare u Novu eru došlo do višestrukih promena. To se najpre odnosi na povećanje prvobitnog

1. Benecke 1997, 53; Bökony 1974.

2. Benecke 1997, 53.

broja vrsta uvođenjem novih. Tako se broj uzgajanih vrsta rimskog perioda u odnosu na onaj iz perioda gvozdenog doba gotovo udvostručio.³

Još od perioda bronzanog doba, spektar domaćih životinja srednje Evrope činili su goveče, svinja, ovca, koza, konj i pas. Na prelasku u predrimski gvozdenodopski period ovaj spektar se proširio za još dve vrste: kokošku i gusku. Nove vrste, koje su na ovo područje doneli Rimljani, čine magarac, golub i mačka. Dok je oblast u kojoj su bili rasprostranjeni magarac i golub uvek ostala u okvirima Rimskog Carstva, tj. uz Dunav i Rajnu, prisustvo mačke je u 1. veku n.e. utvrđeno daleko na severu, u germanskoj oblasti. Verovatno su ovom širenju još u periodu kasnog latena doprineli Kelti.⁴

Promene u oblasti stočarstva na prelasku Stare u Novu eru ne odnose se samo na vrste koje su uzgajane, već i na način njihovog korišćenja.

Među životinje koje su se gajile radi dobijanja mesa spadali su goveda, svinje, ovce i koze. U periodu rimskih osvajanja, među klanim životnjama dolazi do znatnog povećanja zastupljenosti goveda. Još jedan zanimljiv podatak je povećanje zastupljenosti živine, koje ukazuje na intenzivno korišćenje kokoški i guski u ishrani.

Za ovaj period je karakteristična još jedna promena, koja se može ustanoviti samo arheozoološkim istraživanjima, a koja se odnosi na svrhu uzgoja goveda. U poslednjim vekovima Stare ere, goveda su osim za dobijanje mesa korišćena i za dobijanje mleka, što je potvrđeno velikim procentom zastupljenosti ostataka odraslih jedinki ženskog pola. Sličan odnos se uočava i u germanskoj oblasti na početku Nove Ere. Nasuprot tome, u oblastima rajske i podunavskih provincija, među ostacima goveda dominiraju ostaci bikova i volova. Ovde je očigledno došlo do promene u načinu korišćenja goveda, kada se ona prvenstveno koriste za dobijanje mesa i kao zaprežna stoka, a ne za dobijanje mleka. Mleko koje se koristilo poticalo je od ovaca i koza, što je oduvek bilo uobičajeno u

oblasti Mediterana. Ovo je jasan primer kako jedna nova kultura utiče i menja autohtone elemente u uzgoju domaćih životinja.⁵

Na osnovu ispitivanja životinjskih ostataka iz rimskih kastruma sa istočnog dela rajske delte u Holandiji takođe se došlo do zaključka da su goveda prvenstveno korišćena za dobijanje mesa, a manje za dobijanje mleka.⁶ Mali postotak osteoloških ostataka mlađih životinja (mlađih od godinu dana) može se tumačiti kao posledica klanja isključivo odraslih životinja, jer su one davale više mesa. Ne treba gubiti iz vida da su goveda takođe korišćena kao vučna snaga, ne samo na selu, nego i u gradovima i pri vojsci.

Kao vučna snaga su korišćeni i konji, dok su ulogu tovarnih životinja imali magarci.⁷

Među osteološkim ostacima iz rimskih kastruma utvrđen je veliki procenat svinjskih u odnosu na goveđe, ovčije ili kozije kosti.⁸ Drugim rečima, to bi značilo da su rimski vojnici radije konzumirali svinjsko nego ovčije ili kozije meso. Naravno, bilo je slučajeva kada proizvodnja svinjskog mesa nije bila dovoljno velika da bi pokrila potrebe stanovnika kastruma i kada je taj nedostatak verovatno bio nadoknađen ovčijim ili kozijim mesom. Činjenica da samo mali broj svinjskih kostiju potiče od starijih jedinki ukazuje na to da su svinje prvenstveno bile uzgajane radi dobijanja mesa.

Rimski uticaj se, osim u izmeni svrhe korišćenja određenih vrsta, ogleda i u njihovoj veličini.⁹ Osteološki ostaci iz naselja sa područja rimske provincije jasno pokazuju da je na prelasku Stare u Novu eru došlo do promene u veličini domaćih životinja. (sl. 1) Na to npr. ukazuju arheozoološki nalazi sa Titelberga u Luksemburgu, na kojem prosečna visina goveda u predrimskom dobu iznosi 110 cm, a u rimskom periodu (faze II, III i IV ovog lokaliteta) 135 cm.¹⁰

5. Benecke 1997, 55.

6. Lauwrier 1988, 136.

7. Bökony 1984, 119.

8. Lauwrier 1988, 126.

9. Benecke 1997, 55.

10. Méniel 1993, 382.

3. Bökony 1984, 116.

4. Benecke 1997, 54.

Slično je i na lokalitetu Gorsijum u Mađarskoj, na kojem je ispitivanjem utvrđeno da su konji rimskog perioda bili u proseku visoki 160 cm, dok im se u predrimskom periodu visina kretala između 125 i 130 cm.¹¹

Pri tome se pretpostavlja da je povećanje veličine životinja promena na bolje. Iz pisanih izvora i sa likovnih predstava, a delimično i na osnovu arheoloških nalaza, poznato je da su u antičkoj Italiji uzgajane životinje relativno visokog rasta. Uvoz takvih životinja, kao i širenje odgovarajućeg uzgajivačkog iskustva i poboljšana ishrana u prvim vekovima Nove ere doveli su do porasta veličine domaćih životinja u oblastima Rajne i Dunava. Ukrštanjem domaćih primeraka goveda, koza, ovaca, konja i kokoši sa novim, rimskim primercima, dobijane su vrlo visoke jedinke.¹² Zanimljivo je da se isto ne može reći i za svinju.¹³

Ipak, javlja se pitanje da li veće životinje ujedno treba smatrati i boljim. Manji konji su npr. mnogo okretniji i na nepogodnom terenu se dobro pokazuju, a srazmerno svojoj telesnoj veličini koriste manje hrane. Jedino ako je potreban učinak u jednom dužem vremenskom periodu, npr. prilikom dugih puovanja, teških tereta i sličnog, veći konj se može smatrati prednošću. Ne treba zanemariti ni prestiž koji su donosile veće životinje, naročito konji. Ponovo se, dakle, javlja pitanje za koju su svrhu konji ili goveda bili uzgajani.

Pored uzgoja životinja, u periodu prelaska Stare u Novu eru određenu ulogu u prehrani i nabavci sirovina imao je lov. U najčešće lovljene životinje spadaju jelen, srna, divlja svinja, los, evropski bizon i tur.¹⁴

Postotak kostiju divljih životinja se razlikuje po lokalitetima koji pripadaju različitim tipovima naselja. Na velikim poljoprivrednim imanjima (*villae rusticae*), kosti divljih životinja su zastupljene sa 8%, što je dva do četiri puta više nego u civilnim naseljima tj. u gradovima,

11. Bökony 1984, 117.

12. Benecke 1997, 56.

13. Bökony 1984, 117.

14. Benecke 1997, 56.

kastelima i garnizonima. Za to bi mogla postojati dva obrazloženja: kao prvo, socijalni položaj vlasnika ovakvih imanja i njihovih porodica dozvoljavao je redovan odlazak u lov. Sa druge strane, iz pisanih izvora je poznato da su se na mediteranskom prostoru uz takva imanja često nalazila užgajališta jelena, srna, divljih svinja ili zečeva, što je vlasnicima omogućavalo lak pristup ovim vrstama.¹⁵

U priobalnim oblastima veliki značaj je imao ribolov. Među najčešće lovljene vrste spadali su moruna, haringa, bakalar, list i iverak.

Pored ribe, značajnu ulogu u ishrani imali su mekušci i to najčešće dve vrste: evropska ostriga i vinogradski puž. Korišćenje ovih životinja u ishrani je u transalpinskoj oblasti počelo tek nakon dolaska Rimljana i ostalo je ograničeno na oblasti rimske provincije. Ovde se radi o elementu tipičnom za rimsku kulturu. Ostaci ostriga se često sreću među arheozoološkim ostacima u rimskim naseljima. To takođe ukazuje na redovnu trgovinu ovim proizvodima od atlantske, odnosno mediteranske obale ka rajske i podunavskim provincijama. Isto se može reći i za ostatke vinogradskih puževa.

U periodu prelaska Stare u Novu eru životinje su osim u ishrani imale i svoju ulogu u kultu. Za ovaj period su karakteristične životinjske žrtve u svetlištima, hramovima i naseljima, ali i njihovo korišćenje u pogrebnom kultu.

U rimskim provincijama, životinjske žrtve su naročito zastupljene u galo-rimskim hramovima. One su jednim delom istražene, npr. iz hrama u Elstu, u kojem je utvrđeno prisustvo četiri vrste: goveda, ovce, koze i svinje.¹⁶ Može se, dakle, tvrditi da je u ovom hramu upražnjavana *suovetaurilia*.

Životinje su prisutne i u okvirima kulta pokojnika, gde se uglavnom radi o prilozima u hrani tj. mesu. Jedna od dobro ispitanih nekroplja u ovom smislu je Štetfeld iz okruga Karlsruhe. Analiza životinjskih ostataka je ovde dala jedan

15. Benecke 1997, 57.

16. Lauwrier 1988, 118-119.

iznenađujući nalaz: među prilozima u hrani ne preovlađuje, kako bi se očekivalo, meso goveda, s obzirom da kosti ove životinje preovlađuju među nalazima iz rimskih naselja. Na ovoj nekropoli su najviše bili zastupljeni ostaci svinje, a za njom kokoši. Ista situacija se uočava i na keltskim nekropolama u Mađarskoj.¹⁷ Izbor vrste životinje koja bi služila kao grobni prilog ovde očigledno nije vršen na osnovu njene najveće zastupljenosti u privredi toga kraja, već verovatno na osnovu ukusa pokojnika. Slični nalazi su poznati i sa ostalih rimskih nekropola u rajsanskim i podunavskim provincijama.

* * *

Iako i danas u poljoprivrednom sistemu srednjeg Balkana stočarstvo ima veliku ulogu, arheozoološki podaci za ovu oblast izrazito su oskudni. To se odnosi i na period kasnog latena. Ako i dode do publikovanja ovakvih nalaza, gotovo uvek se radi o sasvim malim količinama, koje ne dopuštaju izvođenje nekih opštih zaključaka. Tako, npr. nije poznato koje su vrste bile najzastupljenije u predrimskom, a koje u rimskom periodu.

Do sada su istraženi arheozoološki ostaci samo iz pojedinih naselja, pri čemu rezultati nisu međusobno upoređeni ili vrednovani kao celina. Tako su ispitani osteološki ostaci sa lokaliteta Gomolava, tačnije iz blokova III, IV i V, iskopavanih 1973.g.¹⁸ Sumiranjem ovih rezultata utvrđeno je da su na gvozdenodopskoj Gomolavi bili uzgajani konji i goveda, ovce i svinje. U odnosu na prethodni period starijeg gvozdenog doba javljaju se domaće kokoške, a verovatno i guske. Nasuprot tome, lov i ribolov bili su od manjeg značaja nego ranije.¹⁹

Ista situacija je utvrđena i za keltski opidum „Turški šanac“ kod Bačke Palanke,²⁰ kao i za lokalitete Gradina na Bosutu, Čarnok kod Vrbasa i veći broj otvorenih naselja otkrivenih duž savremenog auto-puta Beograd-Zagreb, kao što su

17. Bökony 1974, 35.

18. Clason 1979, 105.

19. Clason 1979, 111.

20. Blažić 1978, 16.

Bare kod Vognja, Tromeda kod Pećinaca, Livade i Velike livade kod Sremske Mitrovice, Bregovi kod Atovca ili Vrtlozi kod Šimanovaca.²¹

Kao prvi cilj budućih istraživanja ovog tipa trebalo bi da bude utvrđivanje procenta pojedinih životinjskih vrsta, kako pripitomljenih, tako i divljih. Trebalo bi obratiti i pažnju na starost i veličinu jedinki. Naravno, uvek treba imati u vidu da se ova struktura u rimskom periodu verovatno izmenila.

Jesu li goveda bila uzgajana prvenstveno radi dobijanja mesa ili radi dobijanja mleka, a koje su vrste upotrebljavane za rad? Je li govedo bilo najzastupljenija domaća životinja? Kakvu je ulogu imao uzgoj svinja, a kakvu uzgoj ovaca ili koza? Koje su vrste živine bile uzgajane?

Sledeće pitanje bi bilo da li su rimski vojnici jeli različite vrste mesa od domorodačkog stanovništva i gde i kako su klane životinje? Koje su vrste najčešće korišćene za kult, a koje za pogrebni ritual? Koji su aspekti, osim dobijanja mesa, igrali ulogu u uzgoju životinja?

Dalje bi trebalo povući paralele ili razlike među različitim tipovima naselja. Rimska vojna naselja treba posmatrati odvojeno od domorodačkih. Da li se rimska vojska mesom snabdevala od domorodaca ili ga je nabavljala na drugi način, npr. uvozom?

Poznato je da su Rimljani bili добри stočari. Ova okolnost je sigurno uticala na domorodačko stočarstvo. Verovatno je da su Rimljani sa sobom doneli bolje eksplotacione metode, bolje programe uzgoja i bolje razvijene životinjske vrste. Ove visokorazvijene tehnike uzgoja davale su veće količine mesa, koje je stajalo na raspolaganju rimske vojske i stanovnicima gradova. To je moglo dovesti i do toga da domorodačko stanovništvo počne da proizvodi za tržiste.

U svakom slučaju, promene koje se ne dovode u vezu sa prirodnom sredinom, mogu se tumačiti kao rezultat poboljšanog uzgoja i eksplotacije. Njih svakako treba ispitati i ukloniti u celovitu sliku o raznovrsnosti uticaja kojima su domorodačke populacije bile izložene nakon rimske okupacije.

21. Blažić 1992, 401.

RESUME**Cattle Breeding on the Central Balkans during Transition of the Eras**

This paper deals with changes which took place after the Roman occupation in the native Late Iron Age farming at the Mid Balkans, i.e. in the Celtic Scordisci. Since this aspect of Late Iron Age material culture is not very well examined for this region, a theory has been constructed by comparing finds from this territory to the finds from the Mid European region.

During the Late Iron Age, the main species bred in the Scordisci were horses, cows, sheep and pigs. Similar situation can also be observed in the Mid European Celtic tribes. After the Roman occupation, the main change which occurred in the Middle Europe is breeding bigger races of animals already present during the Late Iron Age, as well as changes in purpose of their keeping. According to this, one can expect a similar change in the Mid Balkan region.

Translated by M. Tapavički-Ilić

BIBLIOGRAFIJA:**Benecke 1994**

Benecke N., *Der Mensch und seine Haustiere, Die Geschichte einer jahrtausendalten Beziehung*, Stuttgart 1994.

Benecke 1997

Benecke N., Archäozoologische Beiträge zu Wirtschaft, Kult und Umwelt in den Jahrhunderten um Christi Geburt, *Berichte der Kommission für Archäologische Landesforschung in Hessen* 4, 1996/97, Bonn 1997, 53-60.

Блажић 1978

Блажић, С., Остаци фауне у келтском опидуму код Бачке Паланке, *Грађа за проучавање споменика културе Војводине VIII-IX*, Нови Сад 1978, 13-16.

Blažić 1992

Blažić S., Faunal Remains in Celtic Fortresses and indigenous Settlements, *Balcanica* XXIII, Beograd 1992, 401 - 406.

Bököny 1974

Bököny S., *History of domestic mammals in Central and Eastern Europe*, Budapest 1974.

Bököny 1984

Bököny S., *Animal Husbandry and Hunting in Tác-Gorsium*, Budapest 1984.

Clason 1979

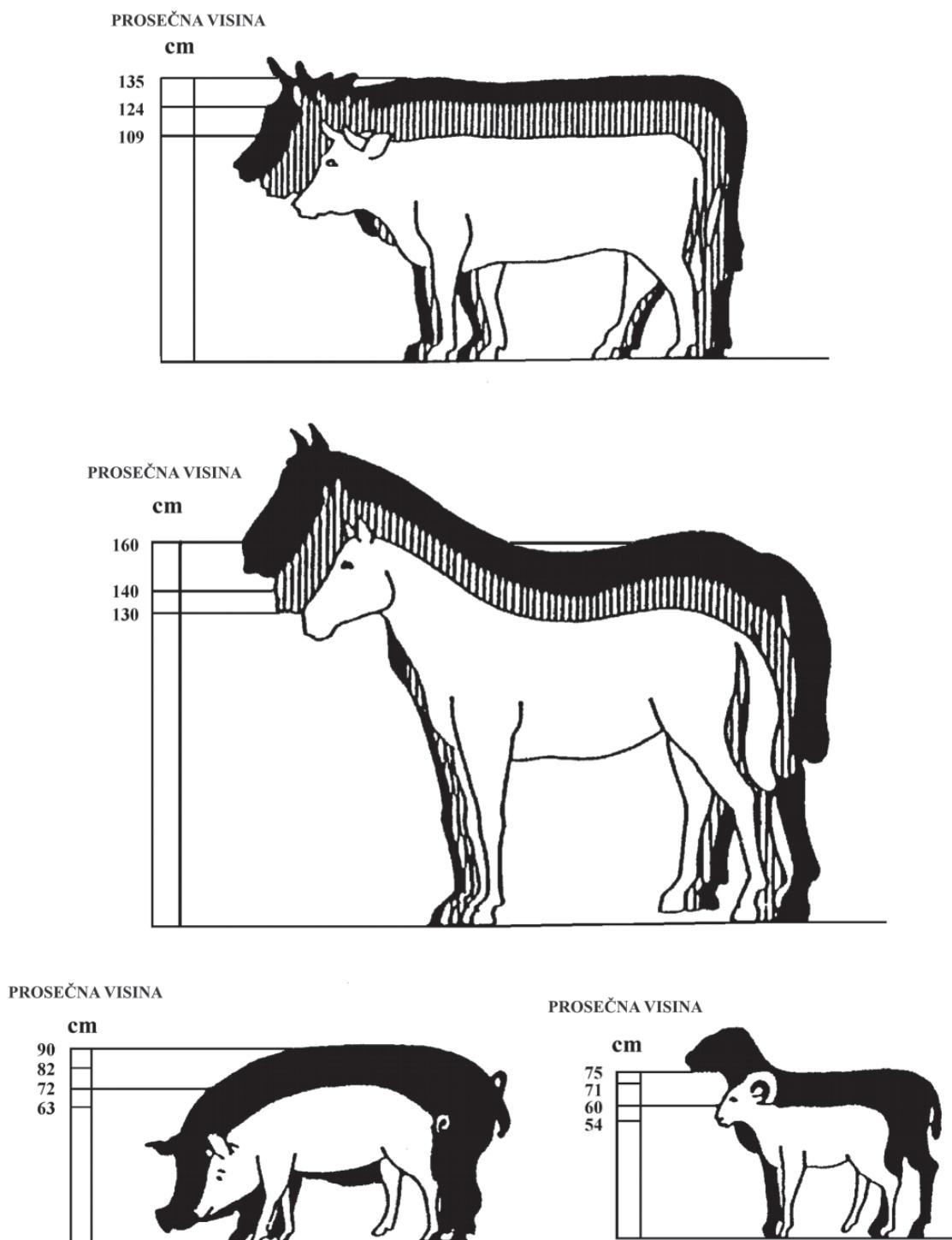
Clason A. T., The Farmers of Gomolava in the Vinča and La Tène period, *Rad vojvodanskih muzeja* 25, Novi Sad 1979, 60-114.

Lauwrier 1988

Lauwrier R.C.G.M., Animals in Roman Times in the Dutch Eastern river area, *Nederlandse Oudheden* 12, Amersfoort 1988.

Méniel 1993

Méniel P., Les restes animaux de l'oppidum du Titelberg (Luxembourg) de La Tène finale au gallo-romain précoce, *Archaeologia Mosellana*, Tome 2, 1993, 381-406.



Sl. 1: Prosečna visina goveda, konja, svinja i koza/ovaca iz germanskih i rimske naselja srednje Evrope u poređenju sa današnjim domaćim životinjama. Belo - germanska, šrafirano - rimska, crno - današnja. Germanske vrste su približne keltskim. Po Benecke N., Der Mensch und seine Haustiere, Die Geschichte einer jahrtausendalten Beziehung, Stuttgart 1994, sl. 85.

Miomir Korać
Arheološki institut Beograd

Srđan Marković
Multimediatworx

Jelena Obradović
Multimediatworx



UDK 904"652":004.946(497.11)

Viminacium, Stari Kostolac, Srbija
LAT 44° 44' 09" / LONG 21° 12' 42"

PRIMENA VR PANORAMA U VIZUELIZACIJI KULTURNOG NASLEĐA NA INTERAKTIVNOM CD ROM-U "VIMINACIUM LUMEN MEUM"

ABSTRAKT

Virtuelna simulacija prostora i objekata u vizuelizaciji kulturnog nasleđa ima nemerljiv značaj za tačnost i autentičnost prostornih informacija, jer obezbeđuje efekat "biti tamo" - pogled na prostor odnosno objekat iz svih uglova.

Značajna karakteristika fotografisanih VR panorama je u njihovoj realističnosti i 3D iluziji bez dodatih artificijelnih 3D informacija, dok modelovane i renderovane panorame omogućavaju najpribližniju rekonstrukciju ili nadogradnju realnog ambijenta.

KLJUČNE REĆI: VIRTUELNA REALNOST, VR PANORAME, SIMULACIJA, REALISTIČNOST, INTERAKTIVNOST, QUICK TIME

Pojava panorama po Oliveru Grau datira još iz antike, sa freskama koje su pokrivale zidove Vile Misterije u Pompeji. Slike koje su prikazivale figure koje učestvuju u Dionizijskim ritualima dozvoljavale su posetiocima vizuru od 360 stepeni, anticipirajući na taj način dioramе i ciklorame koje su postale popularne u 19. veku. Pronalazak perspektive u renesansi omogućio je umetnicima da još ubedljivije kreiraju iluziju trodimenzionalnih prostora.

Baldasare Perudijeva Salla delle Prospettive u Rimu iz 16. veka transformisala je čeonii zid sobe u portiku sa kolonadom koja gleda na iluzionističku perspektivu starog Rima.

Ideju oslikavanja kompletno cirkularnog platna u pravilnoj perspektivi patentirao je Robert Barker 1787. godine i konstruisao ga nekoliko godina kasnije. Grau takođe primećuje da je pojavu panorama karakterisala kombinacija medijske i vojne istorije. Rane panorame su služile u svrhu snimanja terena i izviđanja, ali njihov vojni uspeh je bio kratkog veka i uskoro ga je zamenila korist od propagande. Panoramske slike bitaka kao Anton fon Vernerova "Pobeda pruske nad francuskim vojskom 1870." postale su vrlo posećene atrakcije, iako su izvedene u vreme kada je proizvodnja panorama bila više industrijski nego umetnički proces.

Sredinom 19. veka, spajanjem serije fotografija načinjenih iz jedne žarišne tačke u cilindričnu celinu nastaju diorame – panoramske obrtne slike.

Industrijski modus izrade iluzionističkih ili imersivnih iskustava nastavio se pronalaskom filma, koji je postao trenutni uspeh i velika atrakcija, i koji će u kasnijem dobu značajno uticati na napredak panorama razvojem 3D Cinema i Cinerame.

Iako će neki od ovih izuma kasnije biti prevaziđeni, nastojanje da se stvore potpuno imersivna okruženja nastavljeno je pojavom digitalne simulacije i interaktivnosti.

Umetnost i mediji su evoluirali od sredine 80-tih kada su kompjuteri postali dovoljno snažni i široko dostupni da omoguće umetnicima da sarađuju sa tehničarima na vrlo kompleksnim interaktivnim projektima, često uz pomoć fondova iz istraživačkih laboratorija ili elektronskih umetničkih centara.

Značajan impakt u ekspanziji virtuelne realnosti načinio je Internet sa svojim nepreglednim mogućnostima za povezivanje ljudi i prostora, nudeći gotova i prefabrikovana rešenja za njihovo kreiranje, čime korisnici sami biraju stepen svog učešća u njima. Takva interaktivnost kontrolisana od strane korisnika dovila je i do ranih formi "teleprisustva" u vidu telekonferencija, ili *multiplayer on line* igara, preko mogućnosti daljinskog upravljanja kamerama ili mašinama, pa do razvoja novih oblika vizuelne umetnosti.

Za razliku od nekadašnjih panorama koje su predstavljale fizički svet, ali nisu dopuštale nikakvu interakciju ili navigaciju, kompjuterski generisana virtuelna okruženja su to omogućila, ali su ispočetka bila ograničena na ono što može biti predstavljeno 3D kompjuterskim modelima. Takvi ambijenti su zbog očiglednih nedostataka tehnologije najčešće predstavljali imaginarne ili fantazijske svetove, i tek su se u poslednje vreme značajno približili realizmu.

Razvojem tehnologije snimanja fotografija preciznom opremom i njihovim povezivanjem u

kompjuterskom programu, stvorila se mogućnost da se virtualno predstavi potpuno sferično fotografisano okruženje od 360 stepeni i na taj način omogući neposredni pristup realnom ambijentu.

Pošto vizuelizacija danas služi kao ključna komponenta naučne metode, kao takva mora biti adekvatno dokumentovana zajedno sa svim ostalim delovima naučnog istraživanja.

Oblast virtualnog nasleđa je već dugo skoncentrisana na generisanje digitalnih rekonstrukcija istorijskih ili arheoloških artefakta ili lokacija koje bi sa dovoljnom uverljivošću predstavljale tačne reprezentacije svojih ekvivalenta iz stvarnog sveta.

Naglašena je važnost unapređenja percepcije realizma koja može biti postignuta i fotorealističnim i ne-fotorealističnim pristupima vizuelizaciji u sprezi sa interaktivnošću.

Na primeru interaktivnog CD ROM-a "Viminacium lumen meum" pokazaćemo oba načina upotrebe virtualnog okruženja u svrhu postizanja verne dokumentarističke vizuelizacije.

Kompjuterska grafika je od svoje pojave bila koncentrisana na kreiranje slika koje se ne mogu razlikovati od realnosti, što je od velike važnosti za brojne aplikacije gde je vizuelna tačnost ključna, kao što su oblasti medicinske obuke, dijagnostičke slike i hirurške simulacije, arhitektura, arheologija, inženjerstvo, industrija, audiovizuelne produkcije, simulacije letova i druge. U virtualnoj reprezentaciji kulturnog nasleđa, arheoloških lokaliteta, arhitektonskim virtuelnim šetnjama i slično, fotorealizam se generalno smatra najvažnijom merom uspešne prezentacije.

Međutim kako je oblast virtuelne realnosti sazревala i kretala u eksperiment i istraživanja, taj stav je ustuknuo pred shvatanjem da, u mnogim slučajevima, ono što interesuje posmatrača jeste postizanje uverljivih i verovatnih okruženja bez obzira da li se slika oslanja na realni svet ili ne.

Kombinacijom umetničkih i tehnoloških metoda moguće je postići naučno validnu simulaciju koja bi stvorila iluziju realnosti, bilo unapređenjem

karakteristika postojećeg stanja ambijenta (postprodukcijskim zahvatima, izoštravanjem, prosvetljivanjem, retuširanjem...), bilo putem precizne rekonstrukcije nekadašnjeg stanja.

Simuliranje posmatranja stvarnog okruženja i kretanja kroz njega, uz dodatnu mogućnost sumiranja na slike i objekte u maksimalnom kvalitetu, svojom sveobuhvatnošcu postaje neprocenljiv dokumentarni materijal, koji je s obzirom na svoju digitalnu prirodu moguće dalje koristiti kako u prezentacione i obrazovne tako i u naučne svrhe.

U oblasti kao što je arheologija virtuelna realnost značajno doprinosi pregledu i sumiranju iskopavanja kao i samom procesu istraživanja. Lokalitet je na taj način istraživačima vizuelno dostupan bez obzira na vremenske prilike ili druga ograničenja, a takođe predstavlja snažno informativno, obrazovno i u krajnjoj liniji promotivno sredstvo.

Na lokalitetu rimskog grada Viminacijuma, snimljeno je više panorama postojećeg stanja: terme, *porta praetoria*, memorije. Vođeno je računa da budu urađene u visokoj rezoluciji, čime je postignut njihov maksimalan kvalitet i mogućnost da budu posmatrane na punom ekranu.

Time je omogućeno isticanje detalja, čime se dodatno unapređuje proučavanje.

Fotorealistična panorama prvenstveno zahteva precizno snimanje lokaliteta fotoaparatom širokog objektiva. Dodatna oprema omogućava okretanje fotoaparata oko svoje žarišne tačke za tačan broj stepeni, da bi se uzelo onoliko slika koliko je potrebno kompjuterskom programu da ih savršeno i bešavno "zalepi" jednu za drugu, i tako stvori iluziju jednog neprekidnog snimka.

Razvojem tehnologije, "cilindrične" panorame (koje prikazuju scenu od 360 stepeni bez pogleda na zenit i nadir) su danas prevaziđene, i zamjenjene kubičnim (360 X 180 stepeni) panoramama koje omogućavaju pun doživljaj virtuelne realnosti bez ograničenja.

Reprezentacija pejzaža, objekata ili prizora iz prošlosti, poznata kao virtuelna arheologija,

u stalnoj je potrazi za što vernijom simulacijom stvarnosti, i kako alati i tehnike napreduju, razni slikovni medijumi koji transformišu percepciju i impresiju realnosti napreduju takođe.

Kada je reč o baštini i arheologiji često se ističu dve bitne teme:

Prva, pitanje validnosti informacije, obično pominjano kao "autentičnost", i druga, doprinos tačnosti u reprezentaciji ovih informacija.

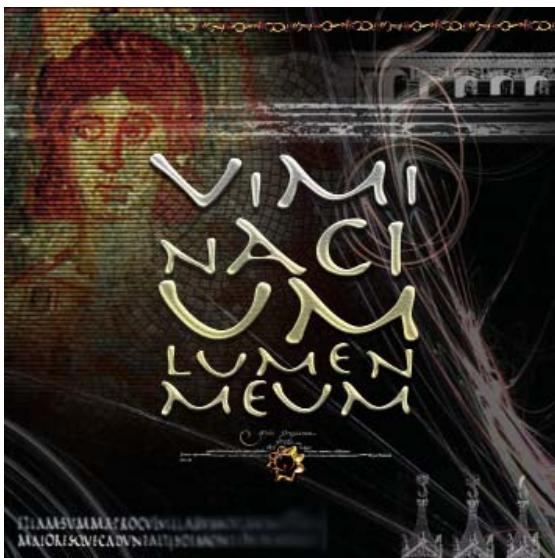
Arheolozi, istoričari i muzejski radnici pridaju veliki značaj autentičnosti i tačnosti, dok su na drugoj strani tehničari i umetnici koji se bave virtuelnom reprezentacijom nasleđa prirodno manje zainteresovani za tačnost samog sadržaja, a više za verodostojnu vizuelizaciju sadržaja.

U tom smislu, fotorealizam donekle miri ova dva stava, jer primjenjen u virtuelnoj situaciji kada se korisnik smešta u autentičan prostor, on obezbeđuje kreaciju simulacije visokog kvaliteta koja je, koliko je to najviše moguće, približna realnosti.

Međutim, iako stavljanje akcenta na postizanje visokog stepena realizma rizikuje da se VR rekonstrukcija limitira na stvaranje istorijski tačnih, ali statičnih svetova koji ostavljaju malo mesta fleksibilnosti za interpretaciju, imersivne panorame su se pokazale kao napredna kombinacija preciznih i detaljnih informacija i interaktivnosti, čime je postignuto šire viđenje i funkcionalnije korišćenje podataka.

Na primeru panorama termi može se uočiti prava priroda fotorealističnog iskustva pogleda od 360 stepeni, kojim se obuhvata ceo natkriveni lokalitet. Na taj način očiglednije se sagledava prava veličina ambijenta, raspored i orientacija elemenata u njemu, tekstura terena, stepen erozije, detalji na nalazištu, pa i izuzetnost konstrukcije kojim je natkriveno. Okretanjem u svim pravcima stvorena je iluzija prisustva u prostoru i na taj način dobijen neposredniji, sveobuhvatniji pristup slici na kojoj su odnosi između elemenata verno povezani i međusobno se dopunjaju.

Visoka rezolucija dozvoljava da se sumiranjem na pojedine delove panorame dobiju još detaljnije



informacije i da se istaknu značajni aspekti lokacije.

Kada je reč o ne-fotorealističnoj reprezentaciji kulturne baštine, tradicionalni načini su kao moduse za prikazivanje istraživačkih analiza i pretpostavki, uglavnom obuhvatali ilustrovanje i maketarstvo. Čak i onda kada je kompjuterska grafika dostupna, arheolozi radije pribegavaju uvreženim metodama, najčešće zbog veće preciznosti, ili usredsređivanja na detalj. Ponekad je razlog i želja za očiglednom konfrontacijom posmatrača sa hipotezom, dok bi verna grafička predstava pretpostavljala istorijsku istinu, što se ponekad ne želi.

Međutim u situaciji kada istraživači tesno saraduju sa umetnicima u procesu vizuelizacije, uspostavljajući veću kontrolu nad obradom podataka i njihovim uobičavanjem u autentičnu reprezentaciju, primetan je pomak u rekonstrukciji lokaliteta i artefakta, pre svega pažljivim odabirom materijala, mapa, osvetljenja, poštovanjem nacrta, planova, preseka i pre svega nastojanjem da se kreira verodostojni utisak.

Zanimljiv primer za to je rekonstrukcija grobnica na lokalitetu rimskog grada Viminacijuma.

Freske od izuzetnog arheološkog, istorijskog i likovnog značaja pronađene u grobnicama, prenete su u požarevački Muzej radi restauracije. Sve dok restauracija ne bude gotova i freske ne budu

vraćene na svoje mesto, pravi izgled grobniča neće biti dostupan ni posmatračima ni istraživačima.

Zato je kompjuterskom simulacijom virtuelne grobničice, postignut njen veran panoramski izgled, tako što je gabarit grobničice izmodelovan, a freske mapirane na zidove. Ovakav pogled na jedan važan istorijski spomenik je od izuzetnog značaja za dokumentovanje realnog stanja lokacije, a njegov doprinos je i u tome što ga čini dostupnim i preglednim i to iz vrlo zanimljive vizure - centra grobničice, odnosno jedne žarišne tačke, čime se dobija veoma širok pogled uz izvestan osećaj bestelesnosti. S obzirom da su grobničice zaista male po dimenzijama, ovako sveobuhvatan pogled ne bi bio moguć u realnosti.

Dodatna mogućnost interakcije posmatrača sa sadržajem panorame ne doprinosi samo boljem "osećaju" pri posmatranju ambijenta, već i merodavnijem procenjivanju informacija putem odabira relevantnosti onoga što se posmatra. Za razliku od filma gde je neko drugi režirao sadržaj, i dopustio nam da ga vidimo u redosledu i količini koju je sam odredio, uz vremensku limitaciju i lični ugao, panorame nam dozvoljavaju da se pozabavimo onim što nas interesuje sa željenom distancicom i u željenom vremenu.

Kako istraživanje na lokalitetu Viminacijum bude napredovalo, planirano je da se i CD prezentacija razvija i nadograđuje, i u tom smislu još više unapredi interaktivnost. Poseban akcenat biće stavljen na mogućnost kreiranja virtuelnih šetnji kojima bi se povezali nodovi, odnosno tačke posmatranja, a time bi se dobila još jedna dimenzija kretanja kroz celo nalazište. Uz to, kako se podaci budu umnožavali ukazaće se potreba za njihovim boljim sortiranjem i jasnjom preglednošću, što se može postići QuickTime plug in-om koji obezbeđuje još detaljnije zumiranje na sam objekat do najsjajnijih detalja, kao i kreiranjem VR objekata, tako da posmatrač uz pomoć miša može da okreće predmet sa svih strana i posmatra ga iz svih projekcija.

Na CD ROM-u "Viminacium lumen meum" koristili smo Quick Time Virtual reality (QTVR)

plug in za prikazivanje virtuelnih panorama, koji je razvio Apple Computers. Njegova velika prednost u odnosu na druge plug in-ove koji se koriste za prikazivanje panorama je pre svega u njegovoj odličnoj (realističnoj) deformaciji, operativnosti sa visokim rezolucijama i u njegovoj multifunkcionalnosti, jer QuickTime kao "multimedijalni kontejner" može da sažme u jedan paket mnoštvo raznorodnog materijala.

Postoje dve klase QTVR slika: panoramski VR i VR objekata.

Panoramska slika se pravi tako što kamera rotirajući za precizan broj stepeni, snima seriju fotografija koje se kasnije spajaju u kompletну (ili nekompletну) panoramu. Slika VR objekta se pravi slično, s tim što je u tom slučaju kamera statična a objekat se okreće ispred nje.

Rezultat je slika na kompjuterskom ekranu oko koje možemo da se okrećemo.

U našem projektu smo se za sada zadržali isključivo na panoramskom VR-u.

Za izradu panorama pre svega je potreban fotoaparat (digitalni ili analogni, pri čemu je analogue fotografije kasnije neophodno vrlo precizno skenirati), široki objektiv (firma iPix je patentirala snimanje panorama pomoću ribljeg oka, pri čemu su samo dva snimka dovoljna da bi se napravila kubična panorama; ovo ima i svojih nedostataka u jasnoći snimka, ali je veoma povoljna varijanta za brzo snimanje; inače generalno se preporučuju vrlo široki objektivi – 15 mm ili 18 mm fokalne dužine, ali se dobri rezultati mogu postići i sa 28 mm uz uzimanje više snimaka), rotaciona glava na koju se navija fotoaparat i koja obezbeđuje precizno okretanje kamere pod odabranim uglom i za odabran broj stepeni (na tržištu postoji široka lepeza različitih rotacionih glava, među kojima se ističu *Kaidan*, *Manfrotto* i *Agnus* proizvodači), i konačno, stabilno postolje za kameru koje je moguće nivelisati.

Najrazličitiji softver je danas dostupan, a najviše se koristi: RealViz Stitcher, VR Worx, Helmut Dersch's PanoTools, QuickTime VR Authoring Studio, PhotoVista...



Da bi se prezentovao virtuelni materijal, neophodna je upotreba plug in-a. U zavisnosti od željenog kvaliteta i namene koriste se : Quick Time VR, Java, VRML, Shockwave, Flash...

U našem projektu koristili smo:

RealViz Stitcher 4.0

Nikon D100 fotoaparat

Objektiv DX 18-70 mm

Kaidan Quick Pan Spherical 4 rotator

Quick leveler (za preciznu nivelaciju rotatora)

Manfrotto tripod

Pri snimanju je bitno odrediti pravi broj fotografija u odnosu na širinu objektiva, jer je važno da se značajno preklapaju. Preporučuje se preklapanje slika između 20 i 40 %. Na primer, objektivom od 15 mm dovoljno je uzeti 14 slika, dok je objektivom od 35 mm potrebno je uzeti 50 slika. Našim objektivom od 18 mm snimili smo 24 slike. Preklapanje je važno da bi program pronašao dovoljno zajedničkih tačaka na slikama, i na taj način ih lakše iskombinovao.

Najvažnija stvar prilikom snimanja panorama je nalaženje žarišne tačke (tzv. Nodal point).

To je tačka u kojoj se presecaju zraci koji ulaze kroz objektiv. Jedino rotacijom oko te tačke postiže se željena preciznost i izbegava pojava paralakse koju je nemoguće ispraviti u postprodukciji. Za profesionalni kvalitet je neophodna upotreba specijalizovanih panoramskih rotatora koji se

nameštaju na postolje tripoda i koji služe da se fotoaparat precizno dovede u položaj potreban za slikanje i rotaciju po obe rose.

Sve slike slikane širokim objektivom su u manjoj ili većoj meri deformisane (tzv. "Barrel distortion"). Da bi spajanje bilo kvalitetno i bez vidljivih spojeva ta deformacija se mora ispraviti. U tu svrhu se koriste mnogi programi (Helmut Derschovi Pano tools itd.) ili, u našem slučaju, Stitcher-ov ugradeni plugin za ispravljanje deformacija.

Nalaženje tačaka je automatsko i u slučaju Stitchera-a veoma uspešno. Algoritam koji koristi je vrlo efikasan tako da je potreba za ručnim spajanjem (tzv. "Force stitch") svedena na minimum. Još jedna od prednosti Stitchera u odnosu na ostale programe jeste korišćenje 3D interface-a u procesu spajanja slika. To nam omogućava da slike koje treba spajati u panoramu pomeramo po nevidljivoj sferi oko nas pre nego što ih dovedemo u željeni položaj.

Slike pre spajanja moraju da budu ujednačene u

osvetljenju. Tu postoje dva problema: osvetljenost cele slike i pojava zatamnjenja na krajevima zbog upotrebe širokih objektiva (tzv. "Vignetting"). Rešenje u oba slučaja je korišćenje programa za grafičku obradu slike.

Upotreba blica je isključena zbog toga što se svetlosni zraci iz blica, zavisno od prostora i objekata koji se nalaze oko nas, različito prostiru u prostoru i time manje ili više osvetljavaju kadar. Tako dobijena serija slika ima velike varijacije u osvetljenju. To ne utiče na spajanje slika u panoramu ali će zato dobijena panorama imati prepoznatljive oblasti različite osvetljenosti i samim tim će otkriti postojanje spojeva.

U okviru panorama postoji mogućnost pravljenja hot spotova, odnosno kreiranja oblasti na panorami koja služe kao dugmad ili okidači za pokretanje neke akcije, na primer za učitavanje nove panorame (na taj način se kreira virtuelna šetnja) ili slike uveličanog predmeta.

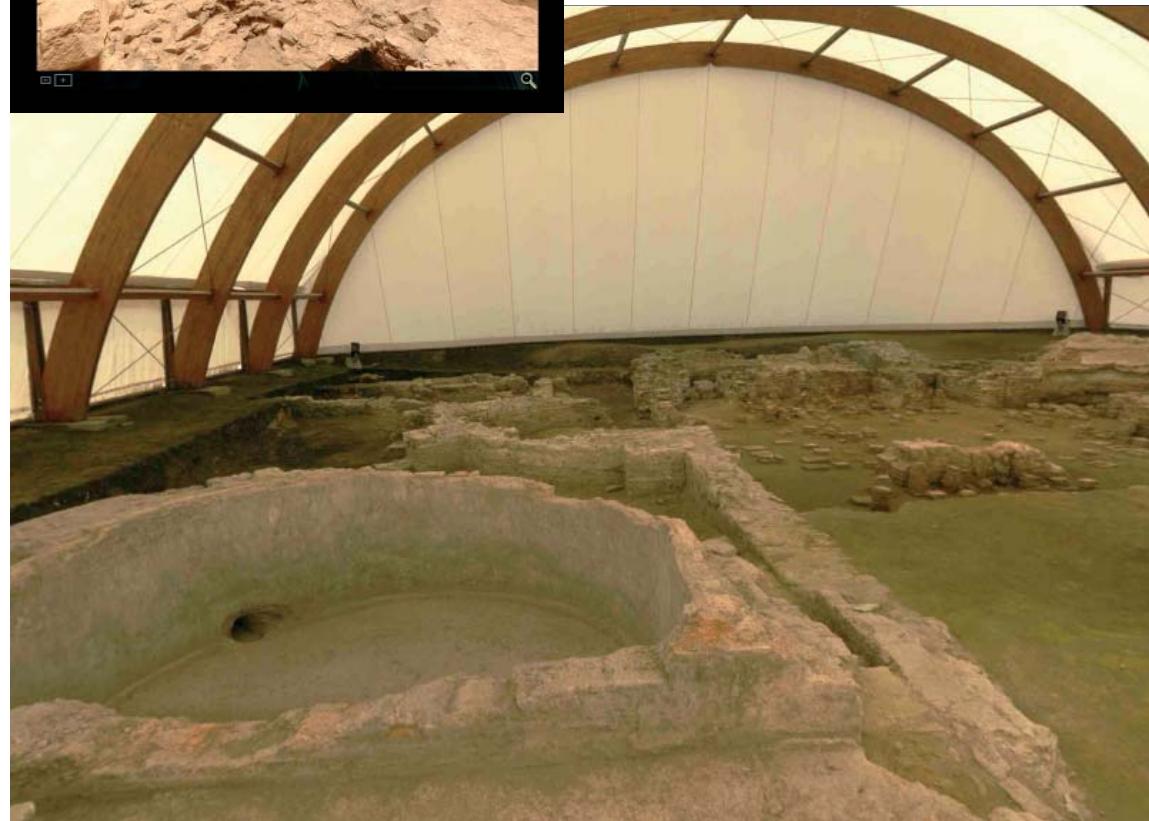
Razvojem novih tehnologija Virtuelna



VR tura po Viminacijumu: grobnica sa freskama

realnost je u virtualnoj arheologiji zauzela je značajno mesto. Vizuelizacija kulturnog nasleđa je uvek pravila bitnu razliku između istraživačke dokumentacije i materijala namenjenog prezencijama ili obrazovanju. Upotreboom fotorealističnih virtuelnih panorama ova razlika se veoma smanjila, tako da je kvalitet sadržaja vizuelne informacije minimalno žrtvovan u njegovojo reprezentaciji.

U projektu "Viminacium lumen meum" uspešno je postignut optimalan odnos umetničke interpretacije i istraživačke prakse, čime je sačuvana autentičnost i relevantnost prezentovanih informacija.



RESUME

Application of VR Panoramas in visuelisation of Cultural Heritage - "Viminacium lumen meum" interactive CD-ROM

Virtual simulation of space and buildings in visualization of cultural heritage has enormous importance for accuracy and authenticity of spatial information. It enables the effect of being there and visibility from all angles and points of view.

Important characteristic of photographed VR panoramas is the impression of reality and 3D illusion without additional information. On the other hand modeled and rendered panoramas are best for accurate reconstruction or improving of existing ambient.

VR tura po Viminaciju: mauzolej i terme



VR tura po Viminacijumu: grobnica sa freskama



VR tura po Viminacijumu: memorija

Miomir Korać,
Arheološki institut Beograd

Zoran Ognjanović,
Matematički institut SANU

Filip Dugandžić,
Matematički institut SANU



UDK 902.6:004.891

“PANDORA” EKSPERTNI SISTEM ZA DATIRANJE ISKOPINA

ABSTRAKT

Datiranje predmeta informatičkim sredstvima, postalo je potreba koja se može rešiti samo komplksnim ekspertnim sistemom. Veštačka inteligencija u službi arheologije pruža široke mogućnosti koje nisu ostvarive klasičnim arheološkim sistemima dokumentovanja i obrade. Pandora je za predmet obrade uzela žižke kao jedan od najraširenijih predmeta koji su dostupni u arheološkim zbirkama.

KLJUČNE REČI: EKSPERTNI SISTEM, VEŠTAČKA INTELIGENCIJA, ARHEOLOGIJA, INFORMATIKA, DATIRANJE, PANDORA, ŽIŽAK.

UVOD

Namera ovog članka je da opiše ekspertni sistem PANDORA koji se koristi u arheološkim istraživanjima i da skrene pažnju (arheološke javnosti) na mogućnost šire primene veštačke inteligencije u okviru arheološke nauke.

Veštačka inteligencija je oblast koja se u okviru computer sciences intenzivno razvija od kasnih šezdesetih godina naovamo. Ona obuhvata skup raznovrsnih disciplina, kao što su pattern recognition (prepoznavanje oblika), neuronske mreže (neural networks), machine learning (mašinsko učenje), automated deduction (automatsko dokazivanje teorema) itd. Veštačka inteligencija je izvor mnogobrojnih kontraverzi, a literatura o

njoj je izuzetno obimna. Detaljni prikazi mnogih oblasti veštačke inteligencije i spiskovi referenci dati su u [encikl. of ai].

* * *

Ekspertni sistemi, najuspešniji i najkomercijalniji proizvod veštačke inteligencije, su programi koji manipulišu znanjem iz neke oblasti da bi na kvalitetan način odgovarali na pitanja koja uobičajeno rešavaju ljudi - eksperti. Primene ekspertnih sistema su česte u medicini, hemiji, vjernoj i naftnoj industriji. Međutim, retki su primeri ekspertnih sistema u društvenim naukama, pa i u arheologiji. Koliko nam je poznato, o ekspertnim sistemima u arheologiji retko je pisano, što ukazuje da bi ovoj temi trebalo posvetiti veću pažnju.

U daljem tekstu mi nećemo apstraktno razmatrati primenljivost metoda veštačke inteligencije u arheologiji, niti ćemo se preterano baviti tehničkim aspektima programa, već nam je namena da kroz nekoliko primera predstavimo konkretni ekspertni sistem PANDORA i iskustva do kojih smo došli u njegovom razvoju.

EKSPERTNI SISTEMI

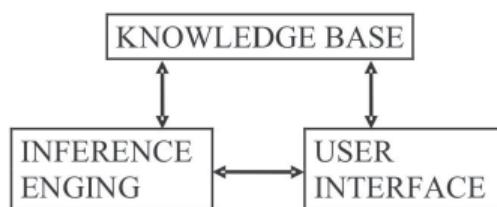
Ekspertni sistemi se mogu, bez obzira na njihovu raznolikost, šematski prikazati kao na slici 1.

slika 1:

- baza ekspertskega znanja (knowledge base)
- inference engine (mehanizam izvođenja)
- user interface (unos znanja i upotreba es-a)
- deo za objašnjenja, učenje, korekcije

* * *

Osnovni delovi ekspertnog sistema su: baza znanja, mehanizam izvođenja i korisnički interfejs (user interface). Baza znanja za konkretan problem se formira intervjuisanjem čoveka eksperta, iz publikacija i postojećih konvencionalnih baza podataka (data base). Baza znanja sadrži formalizovano znanje i, delimično, intuiciju koju ekspert koristi u zaključivanju o određenom pitanju. Znanje se zapisuje i pamti u obliku pogodnom za obradu mehanizmom izvođenja kojim se vrši zaključivanje. Korisnički interfejs omogućava da se sa ekspertnim sistemom komunicira na jednos-



Slika 1. Šematski prikaz ekspertnih sistema

tavan i pregledan način. Ovo se odnosi na postavljanje pitanja, davanje objašnjenja, prikazivanje slika itd. Ekspertni sistemi često sadrže i druge delove: za objašnjavanje, ispitivanje konzistentnosti znanja, za učenje itd. Posebno je značajno da ekspertni sistem može da objasni svoje poslovne, odnosno kako je došao do zaključaka i zašto preuzima neko dejstvo. Ovo sa jedne strane može da korisnika ekspertnog sistema uveri u ispravnost donetog zaključka, a sa druge da ilustruje način rezonovanja eksperta čije se znanje koristi.

* * *

U realizaciji PANDORA-e uglavnom je korišćena metodologija na kojoj je baziran jedan od najpopularnijih ekspertnih sistema MYCIN.

OSNOVI EKSPERTNOG SISTEMA PANDORA (PANDORA BASICS)

Prvo pitanje sa kojim smo se susreli pri razvoju ekspertnog sistema PANDORA odnosilo se na primenljivost veštačke inteligencije u arheologiji. Zbog toga je bilo potrebno izabrati jednu oblast arheološkog znanja i u okviru nje neposredno stići do prvi iskustava.

* * *

Smatrali smo da treba poći od određenog arheološkog predmeta koji mora da ispunjava nekoliko uslova:

- a) da hronološki obuhvata dovoljno dug period (najmanje period od pola milenijuma)
- b) da je u nauci relativno stabilno određena njegova formalna klasifikacija
- c) da pokriva širu teritoriju (bar jednog kontinenta)
- d) da postoji prohodnost predmeta po teritorijalnoj osnovi (da se isti tipovi susreću na više mesta i da postoji njihova međusobna zavisnost u tipološkom i hronološkom smislu)
- e) da postoje nepobitni dokazi o impotru određenog predmeta

f) da postoji dovoljan broj uzoraka (više hiljada) koji će biti predmet ES

h) poželjno je utvrditi i moguće pravce prodora i uticaja kao i transverzale mogućih komunikacija.

h) da predmeti imaju što precizniju hronološku odrednicu (što precizno datovanje u okviru hronološkog sloja, datovanje novcem itd.).

* * *

Ubrzo se pokazalo da je arheološko znanje koje koristimo višeslojno. Osnovno, faktografsko znanje se zasniva na poznatim klasifikacijama lampi koje se vrše na osnovu tipoloških svojstava i načina izrade. Na osnovu toga se može zaključiti da određeni tip lampe pripada nekom hronološkom periodu. Međutim, ovo je tačno samo u izvesnoj meri, i zavisi od raznih faktora, kao što su: prostor sa kojeg lampe potiču, migracije pojedinih majstorskih radionica za izradu lampi itd. Upravo tu se nailazi na pravu intuiciju arheologa eksperta pri čemu se razmatraju mnogi dodatni faktori neophodni za datiranje. U daljem tekstu daćemo nekoliko primera koji se odnose na taj viši nivo arheološkog znanja.

* * *

Sa stanovišta razvoja ekspertnog sistema značajno je da se pokazalo da je arheološko znanje pogodno za formalizaciju. Znanje se zapisuje i pamti u simboličkom obliku zvanom pravila (rules) čiji je opšti oblik:

if CONDITION (USLOV) then CONCLUSION.

PANDORA transformiše pravila u interni oblik koji ovde nije od posebnog značaja. U bazi znanja koja se odnosi na rimske lampe između ostalih se nalaze sledeća pravila:

if CONDITION (USLOV) then CONCLUSION.

PANDORA transformiše pravila u interni oblik koji ovde nije od posebnog značaja. U bazi znanja koja se odnosi na rimske lampe između ostalih se nalaze sledeća pravila:

a::

if

tip_lampe = loeschcke_IX and mesto_nalaza = pannonia

then

postojece_datovanje = 75.

b :: if

recepijent = kruskoliki and izduzenost_kljuna = nesto_izduzen

and disk = obrubljen_prstenom and

(kanal = siri or kanal = uzi or kanal = otvoren

or kanal = zatvoren) and

(otvor_za_ulje = centricno_postavljen or
otvor_za_ulje = ekscentricno_postavljen)

and

kljun = zaobljen_na_vrhu

then

tip_lampe = loeschcke_IX.

c::

if

tip_lampe = loeschcke_X and mesto_nalaza = moesia_superior

then

postojece_datovanje = 70.

d::

if

tip_lampe = loeschcke_IX and mesto_nalaza = moesia_superior

then

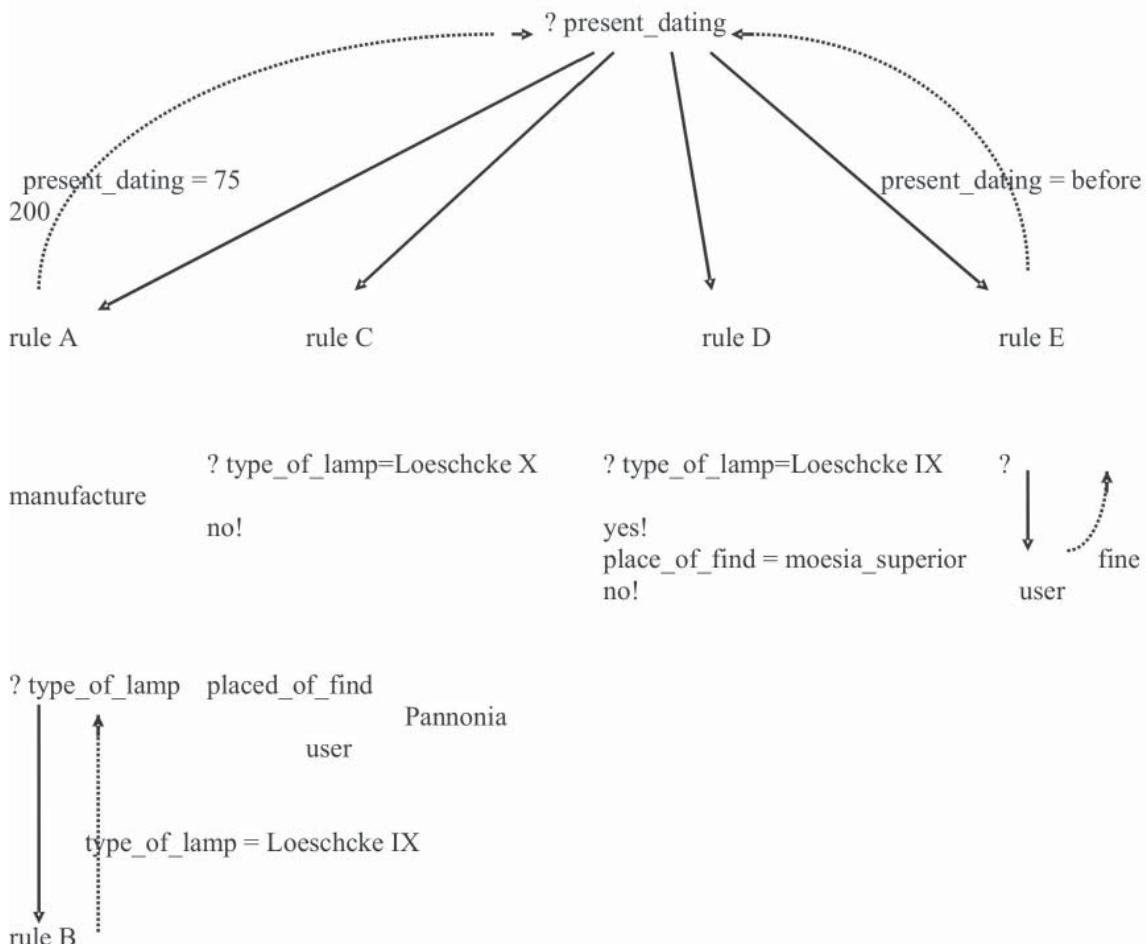
postojece_datovanje = 30.

e::

if

izrada=fina

then



slika 2 (inference tree)

postojece_datovanje='verovatnije pre dvestote god.'

U pravilu a se, ako je tip lampe loeschcke IX, a mesto nalaza pannonia, zaključuje da se prema postojećim saznanjima lampa datira oko 75. godine nove ere. Slično se i u pravilima c i d datiranje određuje na osnovu mesta nalaza lampe i njenog tipa. Pravilo b na osnovu vizuelnih karakteristike lampe, recimo da je recepijent kruškolik i kljun nešto izdužen itd, zaključuje da je tip lampe loeschcke IX. Pravilo e datovanje na osnovu postojećih saznanja određuje prema kvalitetu izrade lampe, pa ako je ona fina, lampa se smešta u period pre dvestote godine nove ere.

Zbog broja i veličine pravila nije moguće u kratkom članku koristiti punu bazu podataka, pa ćemo postupak zaključivanja ilustrovati na ovim pravilima. Pri radu sa PANDORA-om korisnik postavlja pitanje u vezi perioda nastanka iskopine. Mehanizam izvođenja, kao na slici 2, pronalazi sva pravila koja u zaključku određuju vrednost perioda. To su pravila A, C, D i E. Mehanizam izvođenja sada ispituje da li su ispunjeni uslovi tih pravila, da bi na osnovu njihove tačnosti, odredio vrednost za entitet period. Ispitivanje uslova pravila A zahteva da se utvrdi koji je tip_lampe i mesto_nalaza. U određivanju vrednosti za tip_

lampe, na sličan način kao i za period, pronalaze se sva pravila koja u zaključku dodeljuju vrednost ovom entitetu. U ovoj skraćenoj bazi to je samo pravilo B, iako se u stvarnoj bazi znanja nalazi mnogo više takvih pravila. Postupak se ponavlja sa entitetima koji se nalaze u uslovu pravila B. Ako se za neki entitet vrednost ne određuje u zaključku ni jednog pravila, kako je ovde slučaj sa entitetima recepijent, izduzenost_kljuna, ... mehanizam izvođenja postavlja pitanje korisniku o njihovom obliku. Prepostavimo da se na osnovu dobijenih odgovora zadovoljava uslov pravila B. Tada se entitetu tip_lampe dodeli vrednost loeschcke IX. Mehanizam izvođenja ponovo analizira pravilo A i traži vrednost za mesto_nalaza. Istim postupkom, ako bi entitet dobio vrednost pannonia, zaključilo bi se da je uslov pravila ispunjen i da je vrednost entiteta postojece_datovanje 75. U opštem slučaju slično bi se radilo i sa pravilima C i D, mada je u ovom konkretnom slučaju to nepotrebno, pošto tip_lampe i mesto_nalaza imaju jedinstvene vrednosti. Međutim, to nije slučaj i sa pravilom E. U njemu se vrednost entiteta postojece_datovanje određuje na osnovu kvaliteta izrade, pa ako je izrada fina zaključuje se da je iskopina nastala pre dvestote godine. Tako bi ekspertni sistem PANDORA, u ovom pojednostavljenom, ali ilustrativnom, slučaju odgovorio:

This is what is known about postojece_datovanje::

postojece_datovanje = verovatnije pre dvestote god. cf 100

Reasons:: e

postojece_datovanje = 75 cf 100

Reasons:: d

period = ... by rule A

period < ... by rule E

U tom trenutku korisnik može postaviti pitanje kako se došlo do zaključaka, kada bi se u odgovarajućoj formi ponovila istorija zaključivanja:

e => s
 izrada => s / e
 izrada => user
 postojece_datovanje => e
 d => s
 tip_lampe => s / d
 b => s
 kljun => s / b
 kljun => user
 otvor_za_ulje => s / b
 otvor_za_ulje => user
 kanal => s / b
 kanal => lookup
 kanal => f / b
 kanal => user
 disk => s / b
 disk => user
 izduzenost_kljuna => s / b
 izduzenost_kljuna => user
 recepijent => s / b
 recepijent => user
 tip_lampe => b
 mesto_nalaza => s / d
 mesto_nalaza => lookup
 postojece_datovanje => d
 c => f
 mesto_nalaza => f / c
 mesto_nalaza => lookup
 postojece_datovanje => c
 a => f
 mesto_nalaza => f / a
 mesto_nalaza => user
 postojece_datovanje => a

Takođe, u trenutku kada ekspertni sistem postavi pitanje korisniku o nekom entitetu, na primer o obliku kljuna, korisnik može postaviti pitanje zašto je taj podatak potreban, nakon čega bi dobio odgovor:

I am investigating tip_lampe

Your answer to this question will help me de-

termini

whether the following rule is applicable::

b::

```

if recepijent = kruskoliki
and izduzenost_kljuna = nesto_izduzen
and disk = obrubljen_prstenom
and kanal = siri
or kanal = uzi
or kanal = otvoren
or kanal = zatvoren
and otvor_za_ulje = centricno_postavljen
or otvor_za_ulje = ekscentricno_postavljen
and kljun = zaobljen_na_vrhu
then tip_lampe = loeschcke_IX

```

The current state of the agenda is::

Thing	Rules yet to be tried
-------	-----------------------

postojece_datovanje	d e
---------------------	-----

Ove dve vrste objašnjenja PANDORA daje razmatranjem drveta izvođenje (inference tree) koje je prikazano slikom 2. Iz njega je moguće reprodukovati redosled ispitivanja pravila čime se opisuje istorija zaključivanja. Takođe, pravila koja se u drvetu nalaze neposredno ispod čvorova u kojima se korisniku postavlja neko pitanje objašnjavaju zašto je to pitanje postavljeno.

NAPREDNI ELEMENTI EKSPERTNOG SISTEMA PANDORA

Kao što je već sugerisano, datiranje iskopina, lampa, na osnovu njihovog tipa nije preterano inteligentan posao i može se efikasno realizovati pomoću kovencionalnih baza podataka. Međutim, svaki arheolog dobro zna, a svaki saradnik arheologa brzo shvati, da je zaključivanje koje izvode arheolozi mnogo složenije. Osnovni zadatak koji smo ispred sebe postavili u realizaciji PANDORA-e je bio da se formalizuje što više od intuicije arheologa kako bi program mogao bolje da rešava probleme. Pokazalo se da je to u znatnoj meri moguće. Navećemo nekoliko primera pravila koja prevazilaze jednostavno datiranje na osnovu klasifikacije prema tipu lampe. Pomoću takvih

pravila može se povećati sigurnost već postignutih odgovora, ali i postaviti sasvim nove hipoteze.

f::

if

```

tip_lampe = loeschcke_IX and
mesto=X and
prolog(dsetupn(Š(italia,30)Ć)) and
then
datum_prema_susedstvu=D.

```

g::

if

```

novac_u_sloju_nađen=da and datum_novca=X

```

then

datum_prema_novcu=X.

h::

if

```

poreklo_iz_prethodnih_perioda=da and datum_ziska_pretka=D

```

then

datum_prema_pretku > D.

U pravilu f se analizira distanca mesta nalaza lampe od centra proizvodnje i u obzir uzimaju trgovačke i društvene prilike vremena nastanka lampe. Najpre se pretpostavlja da su lampe čiji je tip loeschcke IX počele da se proizvode u Italiji, tridesete godine nove ere (prolog(dsetupn([(italia, 30)]))). Zatim se izračunava mera udaljenosti mesta nalaza lampe od Italije (prolog(distance(X,D))). Tu se pretpostavlja (arheološka intuicija) da se iz jedne u drugu njoj susednu provinciju koja je dalja od Italije, lampa prenosi nakon najviše 5 godina od osvajanja te dalje provincije. Na osnovu ovakvog postupka se pronalazi najkraći vremenski put od Italije do provincije u kojoj je lampa pronađena, na osnovu čega se procenjuje vreme nastanka lampe. Pravilo g zaključak daje na osnovu novca koji je eventualno pronađen u sloju u kom i lampa, dok pravilo h koristi sličnost pronađene lampe sa lampom nekog drugog već datiranog tipa.

* * *

Na primer, PANDORA koristeći prvo od navedenih pravila postavlja hipotezu da se lampa tipa loeschcke IX može očekivati u provinciji Dakija već 111. godine (pošto se u susednoj Moesiji javlja, što je za dvadesetak godina ranije, nego što se smatra).

* * *

Pravila koja se koriste u PANDORA-i su zapravo nešto složenija nego što je to do sada prikazano. Ona mogu sadržati i informacije o pouzdanosti znanja (certainty factor) koje je njima opisano. To treba da omogući zapisivanje onog dela znanja eksperta u kome se javljaju konstrukcije oblika 'ako je ..., onda je većinom ...' i slične koje su uobičajene u arheologiji, posebno s obzirom da su iskopine često oštećene, ili predstavljaju samo fragmente originalnih predmeta. Mehanizam izvođenja obezbeđuje kombinovanje faktora sigurnosti prilikom zaključivanja. Ako je uslov nekog pravila oblika A and B, tada je faktor sigurnosti tog uslova manji od faktora sigurnosti sa kojima su zaključeni A, odnosno B. Ili, ako neko pravilo potvrди već zaključenu vrednost entiteta, to povećava sigurnost zaključka. PANDORA će u odgovoru na postavljeno pitanje prikazati i faktor sigurnosti rezultata sugerujući time kolika mu je pouzdanost. Ako, tokom zaključivanja faktor sigurnosti padne ispod neke unapred definisane vrednosti, postupak se može prekinuti uz odgovarajuće objašnjenje. U vezi sa sigurnošću znanja u arheologiji je prisutan i problem da je veoma često istraživačima dostupan samo deo originalnog predmeta, dok, recimo, izgled nekih nedostajućih delova nije poznat. Sledeće pravilo ilustruje kako se u PANDORA-i postupa u takvim situacijama. Njime se zapisuje da ukoliko nije poznat oblik kljuna, zaključuje se da je tip lampe loeschcke IX, ali sa smanjenom sigurnošću koja sada iznosi 80 posto.

i::

if

recepijent = kruskoliki

and disk = obrubljen_prstenom and

(kanal = siri or kanal = uzi or kanal = otvoren

or kanal = zatvoren) and

(otvor_za_ulje = centricno_postavljen or
otvor_za_ulje = ekscentricno_postavljen)

and

kljun = unknown

then

tip_lampe = loeschcke_IX cf 80.

PANDORA dopušta upotrebu multimedijalnih sredstava, poput slika, što smatramo originalnim doprinosom. Recimo, korisniku (user) se predočavaju digitalizovane fotografije kljunova raznih oblika, tako da on može vizuelno prepoznati i klasifikovati onaj koji je pronašao.

REZULTATI RADA EKSPERTNOG SISTEMA PANDORA

U ovom trenutku, ekspertni sistem PANDORA poseduje oko 600 pravila o rimskim lampama.¹ Kvalitet odgovora koji daje PANDORA, kada su joj dostupni relevantni podaci, je na nivou arheologa eksperta koji se bavi ovom oblašću. Istovremeno, PANDORA je u stanju i da postavlja, u odnosu na literaturu, samostalne hipoteze o datiranju iskopina. Na svakom koraku izvođenja, PANDORA na zahtev korisnika nudi objašnjenje u vezi istorije rada, odnosno razloga za neki posupak. Multimedijalne pogodnosti, prikazivanje slika, video i zvučnih zapisu, kao i svojevrsna baza podataka znatno brže dovode do relevantnih podataka, nego što je to slučaj sa klasičnim tekstrom. Pored toga, nezavisnost baze znanja od mehanizma izvođenja dozvoljava da isti program radeći nad raznim podacima preuzima ulogu eksperata iz raznih oblasti. Sve ovo čini da je PANDORA pogodna i za uloge konsultanta istraživačima i kao edukativno sredstvo kojim se studentima ilustruje rad eksperata.

1. U toku je dalji razvoj ES PANDORA koji treba da sadrži preko 2.000 pravila.

* * *

Odgovori koje daje PANDORA su implicitno sadržani u znanju, odnosno pravilima u bazi znanja. U tom smislu, PANDORA ne može ponuditi ništa što joj na posredan način nije unapred ugrađeno. Ali, PANDORA sistematski provera mogućnosti i može doći do odgovora koje bi čovek prevideo zbog velikog obima raspoloživog znanja. Na taj način PANDORA može davati odgovore koji do sada nisu ponuđeni u stručnoj literaturi.

* * *

Kreiranje kvalitetnih baza znanja je najteži i najduži deo posla u izradi jednog ekspertnog sistema. Potrebno je pomiriti dva suprotstavljenia zahteva: s jedne strane znanje mora biti konzistentna, dok sa druge mora sadržati što je više moguće podataka kako bi se precizno opisao problem. Ti podaci su po svojoj prirodi multidisciplinarni, pa je poželjno angažovanje eksperata iz raznih nauka, a ne samo arheologa. I izbor eksperata čije se znanje i iskustvo ugrađuje u bazu znanja može dovesti do raznih problema, na primer do neusaglašenosti po nekom pitanju. Međutim, tada je moguće pružati odgovore koji će u sebi sadržati informaciju o poreklu znanja, pa čak i bez predrasuda ponuditi više odgovora raznih, eventualno suprotstavljenih, eksperata. U svakom slučaju, nakon razvoja ekspertnog sistema na raspolaganju je moćno sredstvo za obuku i istraživanje sa kojim se može raditi vrlo brzo. Poredjenja radi, ako se vreme školovanja i sticanja iskustva jednog arheologa meri godinama, ili čak decenijama, vreme kreiranja ekspertnog sistema izražava se mesecima, a startovanja programa sa raznim bazama znanja i dobijanja odgovora minutima, pri čemu je dobitak nesumnjiv.

* * *

Konačno, ali ne i najmanje važno, preispitivanje, formalizacija, kao i digitalizacija raspoloživog arheološkog znanja, koji se sprovode tokom razvoja ekspertnog sistema pružaju mogućnost isko-

raka u standardizaciji znanja u smislu formata zapisa, usaglašenosti teorija, lakšeg otkrivanja nekonzistentnosti, šire dostupnosti znanja itd. Planovi vezani za razvoj PANDORA-e se, pored tehničkih unapređenja sistema, upravo odnose na postupno kreiranje baza znanja vezanih za pokrivanje naučnih oblasti koje predstavljaju specijalnost saradnika Arheološkog instituta, kao i lokaliteta na čijem istraživanju sarađuju.

* * *

O dometima veštačke inteligencije gotovo da je stalno otvorena rasprava između optimista i pesimista. Bez obzira na poziciju koja se zauzme u odnosu na mogućnosti veštačke inteligencije, sigurno je da ekspertni sistemi neće zameniti arheologe. To i nije njihova namena. Naprotiv, oni treba da omoguće kvalitetnije obučavanje i rad istraživačima. Kakvi su stvarne šanse za to i kuda zaista vodi razvoj i primena veštačke inteligencije? Pandora, ime kojim smo nazvali ekspertni sistem, simboliše s jedne strane nepresušnu ljudsku radoznalost, a sa druge sve dobro i zlo koje je izašlo iz krčaga, a pogotovo nadu koja je u njemu ostala.

Zahvaljujemo se preminulom akademiku Dragoslavu Srejoviću, koji nam je pružio značajnu moralnu podršku u radu.

PANDORA

EXPERTS SYSTEM FOR DATING ARTIFACTS

Miomir Korać, Zoran Ognjanović, Filip Dugandžić

* * *

INTRODUCTION

The aim of this paper is to describe an expert system PANDORA used in archaeological explorations, and to call the attention (of archaeological public) to a possibility of broader application of artificial intelligence within the science of archaeology. A field related to artificial intelligence, within the framework of computer sciences, has been intensively developed since the late 1960s. It comprises a set of various disciplines, such as the pattern recognition, neural networks, machine learning, automated deduction, etc. Artificial intelligence is a source of numerous controversies, and the bibliography related to it is fairly broad. Various fields of artificial intelligence and reference lists are ordered in [encikl. of ai].

Expert systems, the most successful and most commercial products of artificial intelligence, are the programs that manipulate with data from particular field to deal with questions - usually solved by expert people - in the most accurate way. Applications of expert systems are frequent in medicine, chemistry, military and petrol industry. However, the examples of expert systems in social sciences, and hence in archaeology too, are rare. As far as we know, the expert systems in archaeology were noted only in, and this fact implies that a greater attention should be paid to that topic.

We are not going to discuss suitability of artificial intelligence methods further in this paper, nor we are going to deal with technical aspects of the program in greater extent. However, our intention is to represent actual expert system PANDORA through several examples, as well as the experiences acquired during its development.

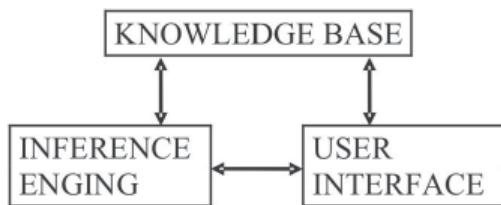


Figure 1. Schematical representation of expert system

EXPERT SYSTEMS

Notwithstanding their diversity, the expert systems could be schematically represented as in fig. 1.

- knowledge base
- inference engine
- user interface
- a part for explanations, learning, corrections

The basic parts of an expert system are: knowledge base, operation mechanism and user interface. Knowledge base that relates to a particular problem is formed by interviewing an expert person, as well as by data from publications and existing conventional data bases. Knowledge base consists of formalized knowledge, and partially, of intuition employed by an expert in his reasoning about particular question. Knowledge is recorded and memorized in a form that is suitable for inference engine which brings up the conclusion. User interface provides simple and accessible communication with an expert system. It deals with posing questions, providing explanations, picture representations, etc. Expert systems may often contain other parts: for explication, exploring the knowledge consistency, learning, etc. It is

especially significant that expert system should be capable to explain its procedure, i.e., the way it reached particular conclusion, and the cause of undertaking particular action. On the one hand, conclusions inferred by an expert system user could thus be confirmed, but on the other hand, a mode of reasoning of an expert whose knowledge is used could hence be illustrated.

Methodology based upon one of the most popular expert systems MYCIN, was used in realization of PANDORA expert system.

PANDORA BASICS

The first question posed during development of PANDORA expert system dealt with an adequacy of the application of artificial intelligence in archaeology. Therefore, it was necessary to select a particular field of archaeological knowledge and to gain initial experience within its framework directly.

We thought that one must start from a particular archaeological object that must conform to several conditions:

- a) period it encompasses has to be adequately long (at least a period of half millennium).
- b) relatively firm establishment of its formal classification in science.
- c) its territorial distribution has to be broad (at least on continental scale)
- d) its territorial availability has to exist (that same types are present on a number of places, and they have to be interdependent both chronologically and typologically)
- e) import of certain object has to be positively confirmed.
- f) the sample of ES has to be adequate (several thousand)
- g) it is desirable to establish possible directions of advancement and influence, as well as the routes of possible communication
- h) chronological determination of objects should be as accurate as possible (precise dating within chronological layer, dating by coinage, etc.)

Concerning the noted remarks, the Classical period was chosen, i.e., the Roman imperial period. We thought that this period was suitable for two reasons. Firstly, the Roman state was centralized with strict administrative, formal norms. Secondly, the history of Roman Empire is rather accurately determined according to periods of government of each emperor. A chronology like this one is suitable for testing the results of ES, at least in the initial stage of the expert system construction. A particular kind of artifact has then been selected - lamps (lanterns). Finally, [...] served as the source of knowledge, along with rich finds from the territory of Moesia Superior, from excavations of Viminacium. More than 13 000 graves were uncovered during previous fifteen years, with 4 000 lamps dating from I to VI century. The noted lamps were thoroughly studied in Ph. D. thesis by M. Korac [...].

Almost immediately it appeared that the archaeological knowledge used is multifarious. The fundamental, factographic knowledge is based upon familiar classifications of lamps created upon typological traits and mode of their manufacture. Attribution of particular lamp to certain chronological period has usually been inferred upon these data. However, it could be accurate only to a certain extent, as it depended on various factors such as: area of the lamp's origin, migration of particular lamp workshops, etc. Genuine intuition of an archaeologist expert takes place exactly at the noted point, and it takes into account various additional factors that are indispensable for datation. Further in this text we shall present several examples relating to the noted higher level of archaeological knowledge.

From the standpoint of expert system, a confirmation that archaeological knowledge was suitable for formalization has been significant. The knowledge is recorded and memorized in a symbolic form called the rules, having a general form as:

if CONDITION then CONCLUSION

PANDORA transforms the rules into an internal form that is not particularly significant here.

Within the knowledge base dealing with Roman lamps, the following rules could be singled out:

a::
if
type_of_lamp= loeschcke_IX and place_of_find = pannonia
then
present_dating = 75

b::
if
body = pear-shaped and nozzle_extension = fairly_elongated
and disk = bordered_by_ring and (channel = wide or channel = narrow or channel = open or channel = closed) and (filling-hole = placed_in_center or filling-hole = placed_off-center) and nozzle = rounded_on_top

then
type_of_lamp = loeschcke_IX and place_of_find = moesia_superior
then
present_dating = 70.

c::
if
type_of_lamp= loeschcke_X and place_of_find = moesia_superior
then
present_dating = 30.
e::
if
manufacture = fine

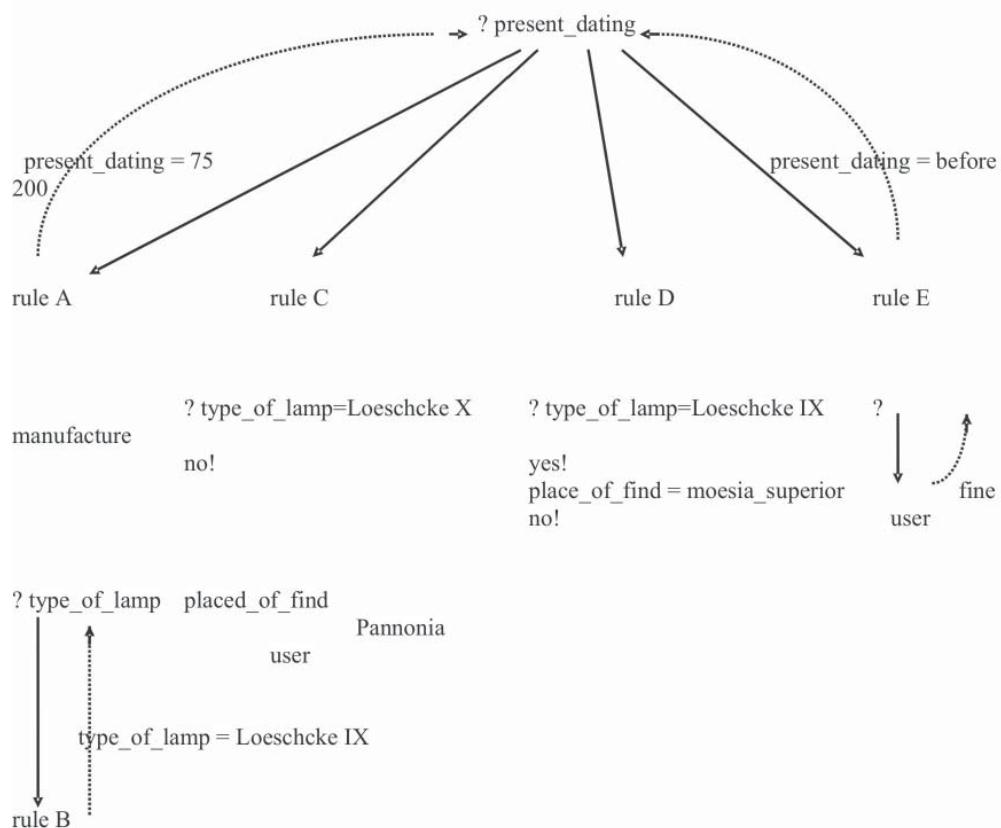


Fig. 2 Inference tree

then

present_dating = 'probably_before_200'.

As a rule, if the type of lamp was loeschcke IX, and the place of find Pannonia, it is inferred according to existing evidence, that it could be dated cca. 75 A.D. In the same way, in rules c and d, datation is determined according to the lamp's place of find and its type. By rule b, based upon lamp traits observed visually, i.e., pear-shaped body and elongated nozzle, etc., it is inferred that the type of lamp was loeschcke IX. Rule e determines the age according to lamp's quality of manufacture, based upon the existing knowledge. Therefore, if its quality was fine then the lamp is placed into a period earlier than 200 A.D.

The number and quantity of rules do not permit presentation of entire data base in this short paper, hence the inference procedure will be illustrated by the above noted rules. While working in PANDORA, the user asks a question related to the period of production of certain artifact. Inference engine, as in fig. 2, identifies all rules that determine age values in their conclusion. These are rules A, C, D, and E. Inference engine then examines if all conditions for these rules were fulfilled, and depending on their accuracy, it determines some value to the age entity. Examination of conditions in rule A demands determination of type_of_lamp and place_of_find. In determination of the type_of_lamp, similarly as it was done for the age, all rules that determine value to the noted entity are identified. It is only rule B in this shortened base, although in the actual knowledge base there are many more rules of that kind. The procedure is repeated with entities that appeared in conditions for rule B. If the value of some entity is not determined by conclusion of any one rule, as it is here the case with entities such as body, nozzle_extension ... inference engine poses a question to the user about their shape. Let us assume that the answers obtained fulfill a condition of rule B. The value loeschcke IX is then assigned to type_of_lamp entity. Inference engine analyzes

again the rule A, and demands a value for place_of_find. By the same procedure, if an entity was assigned by the value pannonia, it could be inferred that the condition for the rule was fulfilled and that the value of present_dating entity was 75. Generally, a similar procedure would be applied to rules C and D, although in the above noted case it was not necessary, because type_of_lamp and place_of_find have the same values. However, it is not the case with rule E. Present_dating value is determined on the basis of the quality of manufacture, and if manufacture was fine it is inferred that the find dates back earlier than 200 A.D. In this simplified, but illustrative case, the expert system PANDORA would answer in the following way:

This is what is known about present_dating::

present_dating = probably before 200 cf 100

Reasons:: e

present_dating = 75 cf 100

Reasons d::

period = by rule A

period < ... by rule E

At this moment, the user could ask about the way it was inferred, and the history of inference would repeat itself in a corresponding form:

e => s

manufacture => s/e

manufacture => user

present_dating => e

d => s

type_of_lamp => s/d

b => s

nozzle = s/b

nozzle => user

filling-hole => s/b

filling-hole => user

channel => s/b

channel => lookup

channel => f/b

channel => user

disk => s/b

disk => user

```

nozzle_extension => s/b
nozzle_extension => user
body => s/b
body => user
type_of_lamp => b
place_of_find => s/d
place_of_find => lookup
present_dating => d
c => f
place_of_find = f/c
place_of_find => lookup
present_dating => c
a => f
place_of_find => f/a
place_of_find => user
present_dating => a

```

Also, in the moment when expert system asks the user about particular entity, i.e., about the shape of nozzle, the user may ask why this element was needed, and would subsequently receive an answer.

I am investigating type_of_lamp

Your answer to this question will help me determine whether the following rule is applicable::

```

b::
if body=pear-shaped
and nozzle_extension = elongated
and disk + bordered_by_ring
and channel = wide
or channel = narrow
or channel = open
or channel = closed
and filling-hole = placed_in_center
or filling-hole = placed_off_center
and nozzle = rounded_on_top
then type_of_lamp = loeschcke_IX
The current state of the agenda is::
Thing
Rules to be tried
present_dating d e

```

PANDORA obtains the noted two kinds of explanation by examination of the inference tree shown in fig. 2. Thus, it is possible to reproduce a sequence of the examination of rules, i.e., the history of inference is hence described. Also the rules, which are located in the tree just below the labels in which the user is asked to answer a question, explain why the particular question was posed.

PROGRESSIVE ELEMENTS IN ES PANDORA

As it was already suggested, dating of artifacts, the lamps, based upon their shape is not exceedingly intelligent task and could be efficiently realized by conventional data bases. However, as each archaeologist perfectly knows, and every collaborator of archaeologists quickly finds out, the inferences made by archaeologists are considerably more complex. The main task we had in mind in realization of PANDORA was to formalize the intuition of archaeologist as much as it was possible, so that the program could solve problems in a better way. It appeared that it was possible up to a considerable extent. We shall note several examples of rules that exceed the simple dating based on classification according to the type of lamp. With an aid of such rules, a certitude of already obtained answers could be increased, but also, new hypotheses could be posed.

```

F::
if
type_of_lamp = loeschcke_IX and
place=X and
prologue(dsetupn([(italia,30)])) and
then
date_regarding_neighbourhood = D.
g::
if
coin_in_layer_found=yes and date_of_
coin=X

```

```

then
date REGARDING coin=X

h::
if
origin IN previous periods=yes and date OF_
prototype lamp=D
then
date REGARDING prototype > D.

```

Rule f analyzes a distance of the lamp's place of find from the center of its production taking into account social and trading circumstances at the time of lamp's creation. Primarily it is assumed that lamps of loeschcke IX type were initially manufactured in Italy, in 30 A.D. (prologue(dsetupn([(italia,30)]))). Then the value of distance between lamp's place of find and Italy is calculated (prolog(distance(X,D))). Then it is assumed (intuition of archaeologist) that the lamp has been translocated from one province to another neighbouring province (still further from Italy) at the most within 5 years after the conquest of a distant province concerned. Considering the noted procedure, the shortest elapse of time is then calculated for translocation of the lamp from Italy to the province in which it was found, and the time of lamp's manufacture is then estimated. Rule g offers a conclusion based upon the coinage that was eventually found in the same layer as the lamp. Rule g, however, reaches the same goal through a similarity between the lamp found and a lamp of some other type that has already been dated.

For instance, PANDORA, if the first of the above noted rules was applied, may set a hypothesis that the lamp of loeschcke IX type could be expected in Dacia already in 111 A.D. i.e., twenty years earlier than it was previously thought.

The rules used in PANDORA are however more complex than the above noted presentation. They also may contain information on certainty factor regarding the knowledge described. It has to enable recording those parts of expert's knowledge in which constructions appear in the form "if so...., than overwhelms...." and the like, be-

ing a common place in archaeology due to a fact that finds are often damaged, or represent just the parts of original objects. Inference engine ensures participation of certainty factor in the course of reasoning. If the condition of a rule has A and B shape, than the certainty factor of the noted condition is lesser than certainty factor employed in conclusion of A, i.e., B. Or, if particular rule confirms the already determined value of entity, a certainty of conclusion will thus be increased. In its answer to the question posed, PANDORA will display certainty factor of the results obtained, at the same time suggesting their plausibility. If, in the course of reasoning, certainty factor falls below certain previously defined value, the procedure may be interrupted, with corresponding explanation. Concerning the certainty of knowledge, an additional problem appears in archaeology as it often happens that only a part of original object is available, and the looks of missing parts is unknown. The next rule illustrates how PANDORA operates in a situation like the noted one. It registers that if nozzle shape was unknown, it may be concluded that the lamp is of loeschcke IX type, but with certainty now decreased down to 80%.

```

I::
if
body = pear-shaped
and disk = bordered_BY_ring and
(channel = wide or channel = narrow or channel =
open or channel = closed) and (filling-hole =
placed_in_center or filling-hole = placed_off_center) and nozzle = unknown then type_OF_lamp =
loeschcke_IX cf 80.

```

PANDORA provides the use of multimedial devices, i.e., pictures, and we assume it to be an original contribution. For instance, digitized photographs of various nozzles are shown, so that the user may recognize them visually and classify his finds.

RESULTS OF WORK OF ES PANDORA

The expert system PANDORA currently contains about 600 rules concerning the Roman lamps.¹ The quality of PANDORA's answer, if all relevant data were available, reaches a level of an expert archaeologist engaged in this field. At the same time, related to publications, PANDORA is able to set independent hypotheses about the age of artifacts. At each step of the procedure, if the user demands it, PANDORA may explain the history of operation, i.e., the cause for any one step made. Relevant data are thus reached much faster by multimedial utilities, representation of pictures, video and sound recordings, as well as a specific data base, than by the conventional text. In addition, independence of the knowledge base from inference engine allows an operation of the same program on various data, that is, it may play the role of experts from various disciplines. All the noted facts imply that PANDORA is suitable to be a consultant of explorers, as well as an educational means by which an expert work could be represented to students.

The answers offered by PANDORA are implicitly contained in the knowledge, i.e., rules in the knowledge base. In view of that fact, PANDORA can offer nothing but what was previously included into it. However, PANDORA systematically tests all possibilities and may reach an answer that could have been overlooked by a human because of the large amount of available knowledge. In this way, PANDORA may offer the answers that were not previously suggested in scholarly publications.

Creating knowledge bases of good quality represents the hardest and longest part in the expert system formation. It is necessary to harmonize two opposed demands: on the one hand the knowledge has to be consistent, and on the other it has to contain as much data as possible in order to

define the problem precisely. The data concerned are multidisciplinary, and thus it is desirable to engage experts from various sciences, not only the archaeologists. The choice of experts whose knowledge and experience are included into knowledge base may lead to various problems, that is, if there was a disagreement about certain question. However, in that case, it is possible to provide answers which will contain information about the source of knowledge, and unbiasedly offer several answers of different, eventually opposed, experts. In any event, development of the expert system provides a powerful and fast means for training and exploration. For instance, if the time of training and experience acquirement for an archaeologist was measured by years, or even decades, the time of the expert system creation would be measured by months, and starting the programs with various knowledge bases and obtaining relevant answers - by minutes, hence its advantage is doubtless.

Last, but not least, the study, formalization, as well as digitizing of available archaeological knowledge, which have taken place during creation of expert system, provide a possibility of improving the knowledge standardization, as regards the record formatting, correspondence of theories, easier detection of inconsistencies, broader availability of knowledge, etc. Along with technical improvement of the system, the plans related to development of PANDORA are in fact concentrating around gradual creation of knowledge bases aiming to cover scientific fields which represent specialties of the collaborators of the Institute of Archaeology, as well as the sites they are studying.

An argument between optimists and pessimists is still open as concerns the scope of artificial intelligence. Notwithstanding a standpoint taken in view of the possibilities of artificial intelligence, it is certain that expert systems will not replace the archaeologists. And that was not their aim either. On the contrary, they have to provide a better quality of researcher's training and work. What

1. a work in further development of ES PANDORA, which will contain more than 2000 rules, is in course.

are the actual prospects for this aim and where does a development and application of artificial intelligence leads to? Pandora, a name given to our expert system symbolizes incessant human curiosity, but on the other hand, it symbolizes all good and evil released from the box, but above all a hope that have remained in it.

We wish to acknowledge a significant moral support to our work volunteered by the late academician Dragoslav Srejovic.

BIBLIOGRAPHY

Gardin 1988

[1] Gardin, J. C., 1988, AI and expert systems. Case studies in the knowledge domain of archeology, Elis Horwood Series in AI foundations and concepts, Halsted Press, 1988.

Ivanyi 1935

[2] Ivanyi, D., 1935, Die pannonischen Lampen, Dissertationes Pannonicae, Ser. 2 Nr. 2, Budapest, 1935.

Korać - Ph. thesis

[3] Korac, M., The Lamps from the territory of Viminacium (Ph. thesis)

Loeschcke 1919

[4] Loeschcke, S., 1919, Lampen aus Vindonissa. Ein Beitrag zur Geschichte von Vindonissa und des Antiken Beleuchtungswesens, Zurich 1919.

Rich, Knight 1991

[5] Artificial Intelligence, Rich, E., Knight, K., McGraw-Hill, 1991

Shapiro, Eckroth 1987

[6] Encyclopedia of artificial intelligence, S.C. Shapiro, S. C., Eckroth D., eds., John Wiley & Sons, 1987.



Suzana Polić-Radovanović
YUBIN

Andelka Milosavljević
Mašinski fakultet Beograd

Miomir Korać
Arheološki institut Beograd



UDK 902.6:621.375.826

IDENTIFIKACIJA ARHEOLOŠKIH MATERIJALA LASEROM POMOĆU KOMPARATIVNE ANALIZE EKVIVALENTNIH OSNOVA

ABSTRAKT

U oblasti konzervacije i restauracije, primena nauke o materijalima ima fundamentalan značaj za objekat ili kolekciju koji su predmet zaštite. Nove tehnologije, a prevashodno savremene laserske tehnike omogućavaju dijagnosticiranje stanja, daju odgovore o optimalnim uslovima čuvanja i mogućnostima preventivne zaštite i kontrole eksponata.

U ovom radu prikazani su rezultati primene lasera na materijalima ekvivalentne osnove sa materijalima novčića kovanih u Viminacijumu, glavnom gradu rimske provincije Gornje Mezije.

KLJUČNE REČI: NOVE TEHNOLOGIJE, LASERI, ARHEOLOŠKI PREDMETI, MATERIJALI, STRUKTURNЕ PROMENE

Metode i tehnike u konzervaciji i restauraciji kulturnih dobara zasnivaju se na analizi iskustava prošlosti i znanja sa jedne strane i na kreativnom i intuitivnom sagledavanju mogućih rešenja sa druge strane. Uloga eksperata u oblasti nauke o materijalima primenjene na zaštitu kulturnih dobara, zahteva poznavanje široke palete materijala i njihovih svojstava, kao i inovativan pristup i osećaj za suptilnost primenjenih metoda zaštite.

Osnova za harmonično sadejstvo tehnologije i kulture je usaglašeni specifični jezik konzervacije,¹ koji obuhvata probleme strukture materijala, kvaliteta opreme, energije, istraživanja, investicija, okruženja, timskog rada, organizacije i upravljanja.

1. Milosavljević, Polić-Radovanović, Radovanović, 2002.

Svaka analiza mogućeg delovanja lasera na predmete kulturne baštine, polazi od poznavanja ekvivalentnih osnova materijala u skladu sa konceptom nedestruktivnog, i kada je to moguće, beskontaktnog delovanja.

Od vremena eneolita, do bronzanog doba, arheološka istraživanja pokazala su da je umeće korišćenja bakra obeležilo prirodne etape čovekovog razvoja. Datiranost predmeta sa nalazišta u Ali Košu i Tepešiju² odnosi se na period od osam hiljada godina pre n.e., a napredak u savladavanju ovog materijala može se pratiti dinamikom uvođenja različitih legura na bazi bakra, od kojih je bronza svakako najčešće primenjivana.

2. Vejming Li, 2006.



Slika 2 Laser u restauraciji skulptura

Defekti i primeće u materijalima, koji narušavaju arheološke predmete (dislokacije, mikro-defekti, intersticijski uključci, supstitucione i intersticijalne primeće), direktno utiču na vek artefakta.¹ Postoje i uticaji koji se odnose na početni kvalitet materijala, nedovoljno poznavanje materijala i postupaka obrade, nepodesnost i nepreciznost alata, upotrebu materijala koji ne odgovaraju nameni u nedostatku potrebnog materijala.

Za prepoznavanje suštine problema restauracije arheoloških predmeta koji sadrže navedene nedostatke, neophodno je imati informacije o obliku, karakteristikama i dimenzijama narušavanja.²

U praksi se takve informacije dobijaju iz analize optičkih, mehaničkih, termičkih i drugih parametara, koji mogu dati osnovu za korišćenje poznatih algoritama potrebnih mera dejstva na materijale kulturne baštine, uz njihovo bitno usavršavanje.

1. Pini R. et al., 2000.

2. Milosavljević A. et al., 1996.

Fenomenološki su interesantni prodori u nevidljive strukture bilo da se oni odvijaju na mikro ili makro nivou, i bez obzira da li nam daju okvirni ili detaljni pregled života materije, ukoliko nastanak i proces degradacije posmatramo kao proces kretanja. Ta kretanja imaju različite tragove prošlog, a njihovo razumevanje znači mogućnost ulaska u različite kulture, dok njihovo tumačenje upućuje i na mogućnost vrednovanja. Pokazuje se da čovekovo delovanje sadrži uvek jedan veoma značajan momenat tumačenja onog što se kao fiksirana smisaona struktura izuzima iz vremena, da bi svojom rezistentnošću prema prolaznosti, upravo svedočilo o vremenu.

U tom smislu analiza ekvivalentnih osnova materijala postaje komparativna prednost novih tehnologija u odnosu na klasične metode u restauraciji i konzervaciji arheoloških predmeta.

Laser kao sredstvo koje katalizuje i realizuje istraživanja ontonomije materijala kulturne baštine, u egzistencijalnom ogledalu polivalentnih procesa rušenja receptivnih barijera naučno-tehnološko-umetničkog interegnuma, zahteva multidisciplinarni pristup u oblasti zaštite predmeta kulturne baštine. Specifičan prilaz laserskoj obradi, obzirom da se na istoj stanici, izborom optičkih parametara, dužinom dejstva, energije ili ponavljanja operacije, postižu različite operacije (razdvajanja ili spajanja, ojačavanja ili odgrevanja), zahteva kompleksan metodološki pristup³ modeliranju na bazi termalnih, gasodinamičkih modela i modela sličnosti, sve do stanja dezintegracije.

Modeli interakcije se razvijaju u vezi sa određenom tehnološkom operacijom, ali i za dijapazone energije, snage i gustine fluksa u kojima se kreće skala prouzrokovanih fizičkih fenomena, (od faznih i strukturnih transformacija do razrušenja nepoželjnih slojeva).

Primena lasera u zaštiti kulturne baštine posebno je zanimljiva u odnosu na fenomen plastičkog,⁴ jer se klasično inženjerski aspekt

3. Srećković M. et al., 2004.

4. Polić-Radovanović, Borna, Milosavljević, 2005.



Slika 1. Kovani novac Viminacijuma: a-Antoninus Pins (138- 161) AS, b- Probus (276-282),
c-Trajan Decius (249-251)

pomera na polje ambivalencije fizički agregatnog, a smisalno kreativno egzistencijalnog. U tom smislu indikativan je tehnološki proces kovanja karakterističan za izradu novca u rezličitim epohama, koji postavlja univerzalna tehnološka pitanja restauracije predmeta ne samo u drugačijim razdobljima, nego i u istom vremenu. Reč je o nestereotipnom jedinstvu različitog, nestatičkom fenomenu u jedinstvu progresije i umnogostručavanja u smislu beskrajne varijacije jednog osnovnog poremećaja.

Arheološki nalazi kovanog novca, sa lokaliteta Viminacijum⁵ (Sl. 1) pripadaju serijama carskog, kao i lokalnog novca kovanog 239/240—254/255. godine, osim u godinama 248/249 i 253/254. Na-

lazi novca obuhvataju uzorce različitog kvaliteta očuvanosti materijala i forme. Osim samog materijala, predmet analize odnosi se i na sam tehnološki proces obrade deformisanjem (kovanjem) koji presudno utiče na novo stanje odabranog materijala.

U postupcima oblikovanja deformisanjem, potrebno je da se odredi deformisanje u promenljivom preseku (Tabela 1) kada materijal plastično teče. Prema konvenciji, tečenje materijala se posmatra od tačke kada se presek počinje bitno da razlikuje od početnog poprečnog preseka uzorka koji plastično deformišemo. Oblik deformisanosti uzorka novčića govori o procesu deformisanja koji ga je produkovao. Važna veličina koja ima uticaj na ponašanje materijala tokom plastične

5. Spasić-Đurić D., 2002.

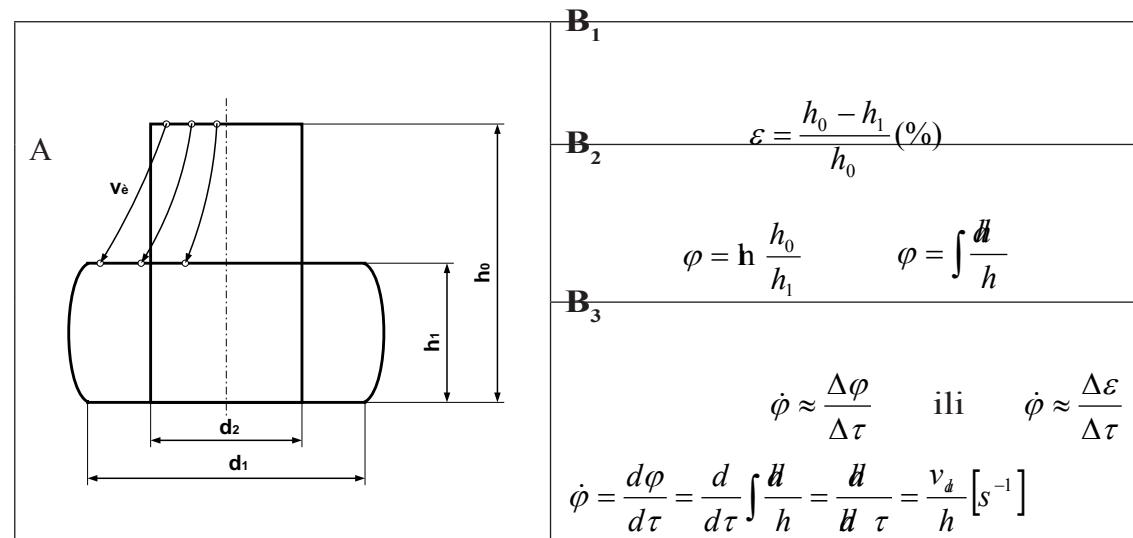


Tabela 1. A- Početni i konačni presek i visina obratka, brzina i put čestica na čelu obratka; B- Stepeni deformacije: 1-relativni stepen deformacije, 2- logaritamski stepen deformacije, 3- brzina deformacije

materijal	temperatura C°	Korozija metala mm/god
bakar	20 250 (para)	0.006-0.0014 <0.1
Stepeni čišćenja korodiranih slojeva laserskim snopom []		

Tabela 2. Korozija materijala

deformacije je brzina deformacije. Povećanjem brzine i stepena deformacije (naročito kod hladne deformacije) dolazi do očvršćavanja materijala, a s tim u vezi povećava se naprezanje plastičnog tečenja i otpor deformisanju, a smanjuje se deformabilnost. Pojava povećanja otpora deformisanju sa porastom brzine deformacije izrazita je u slučaju kada se proces odvija iznad temperature rekristalizacije (topla deformacija).

U analizi stanja uzorka je od izuzetne važnosti podatak o uslovima u kojima su uzorci pronađeni, jer u prirodnim uslovima bakar korodira (Tabela 2) i gradi okside, karbonate, sulfide i druga jedinjenja koja su nasuprot bakru postojana u atmosferskim uslovima. Cilj delovanja laserom na površinu uzorka je otklanjanje svih naslaga (skrame, korozije) koje pokrivaju površinu novčića (Tabela 2) i u tom smislu određujemo talasnu dužinu, vrstu impulsa (najčešće je to Q switch režim).⁶

Važni su parametri i učestanost ponavljanja impulsa, divergencija snopa, oblik impulsa i "rep impulsa", kao i parametri samog lasera, a pre svega trenutna snaga u maksimumu. Prebrisanjanje se vrši sa tačno određenim brojem impulsata, po planu koji se precizno primenjuje za svaki specifikum ponaosob, sa različitom repeticijom, u atmosferi odgovarajuće temperature, vlažnosti

i pritiska. U Tabeli br. 3 date su slike dobijene skenirajućom elektronskom mikroskopijom čišćene površine primenom TEA CO₂ lasera, sa optičkom profilometrijom i SEM slike efekata izlaganja površine bakarnog uzorka delovanjem Nd³⁺: YAG lasera sa udvojenom frekvencijom,⁷ sa posebnim osvrtom na izgled površine koja ima kovanu podlogu.⁸

Ispitivanje fenomena naprezanja sa aspekta semantike, u sklopu istraživanja narušenog umetničkog (arheološkog) artefakta proširuje dosadašnja razumevanja modela ponašanja tela izloženog deformacijama.

Korišćenje ovih aparata može biti svedeno na direktnu zamenu eksperimentalno određenih pomeraja ili deformacija u odgovarajuće formule, zatim na komparativnu analizu rezultata eksperimenta sa teorijskim proračunima na osnovu nekog usvojenog matematičkog modela ili na kombinovanje proračuna i eksperimentalnih podataka u zajedničkoj metodi. Posebno mesto zauzimaju metode analogije.

Reflektivnost većine metala je visoka u oblasti oko 10 μm, što znači da je koeficijent sprege jedva par procenata za slučaj CO₂ lasera koji zrači u ovoj oblasti. Za talasnu dužinu od 1μm - oblast

6. Yang Sook Koh, 2006.

7. Luk'yanchuk B.S., 2002.

8. Čekada M., Panjan P, 2004.

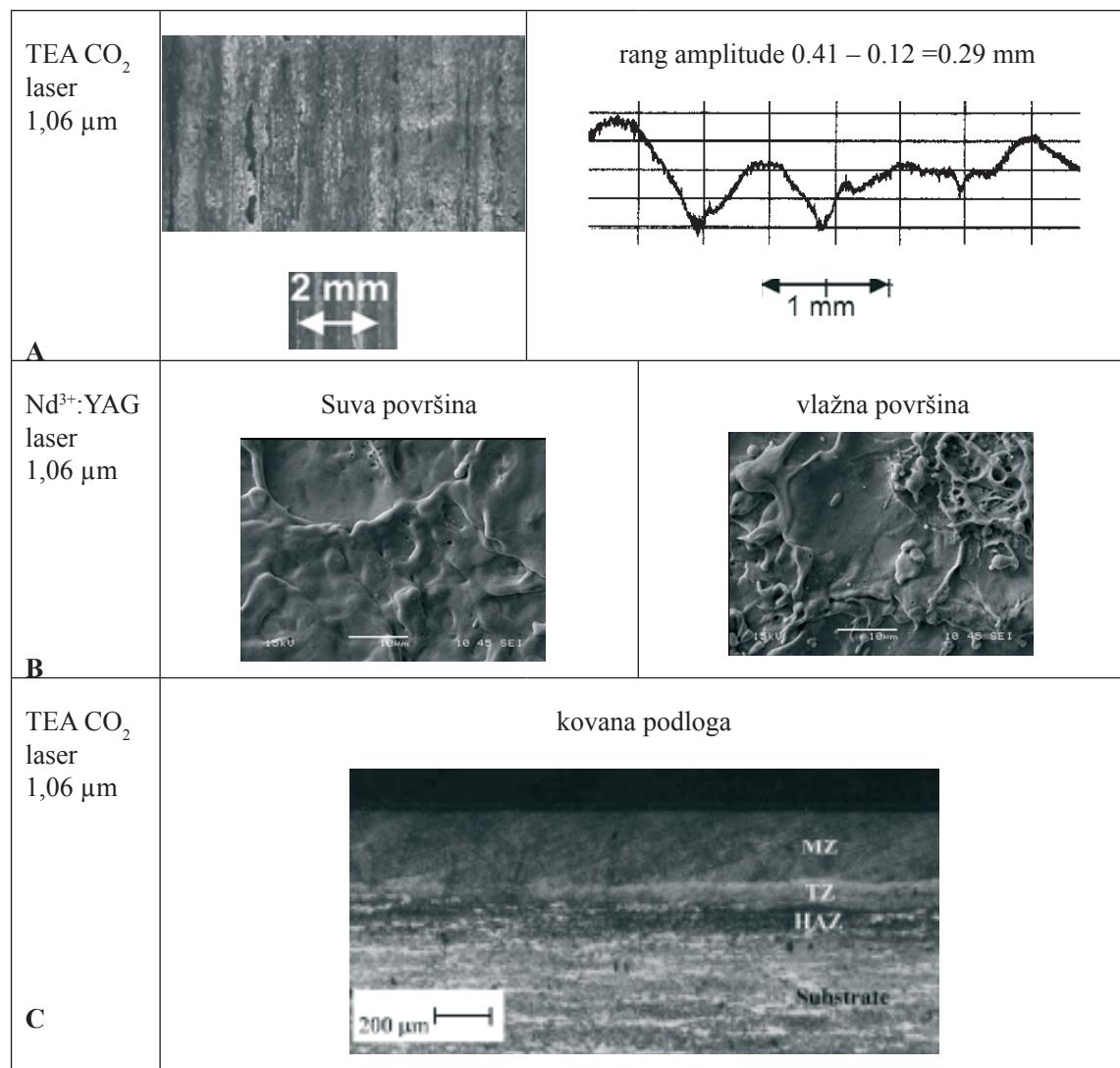


Tabela 3. A-Tipičan SEM prikaz regija čišćenja TEA CO₂ laserom i optička profilometrija; SEM fotografije bakarne površine posle dejstva lasera udvojene frekvencije [9]; SEM prikaz laserskog topljenja površine kovane podloge (MZ – rastop, TZ – zona uticaja topline) [10]

rada Nd³⁺: YAG lasera, ovaj koeficijent je mnogo povoljniji i to objašnjava zašto se ovim laserom postiže više nego istom snagom CO₂ lasera⁹ (Tabela 4).

Ono što uopšte omogućava da ovi laseri obrađuju materijal je promena reflektivnosti sa povećanjem temperature uzorka. Već i onih par procenata apsorpcije zračenja dovodi do zagrevanja radnog predmeta, što u većini slučajeva smanjuje reflektivnost, tako da ako se saopšti

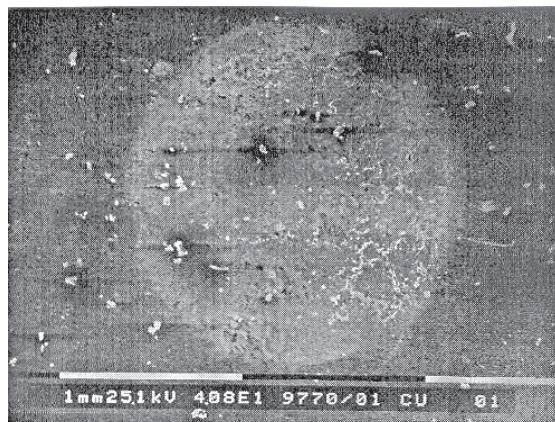
dovoljno energije dolazi do opadanja reflektivnosti do malih vrednosti. Istovremeno i drugi procesi utiču na vrednost reflektivnosti, a uklanjanjem materijala stvara se krater tako da snop doživljava više refleksija, čime se takođe povećava koeficijent sprege.

Generalni trend obrade materijala laserskim snopom je upotreba sve kraćih impulsa. To omogućava da zona termalnog uticaja ne bude mnogo veća od zone uticaja laserskog snopa. Kada je laser kontinualan sa prekidanjem (uključenjem

9. Kearns, A. et al., 1998.

Stanje površine	Refleksivnost	Apsorpcija
Oksidisana površina	14 %	86 %
Jednom laserom očišćena površina	39 %	61 %
Dva puta laserom čišćena površina	44 %	56 %
Mehanički polirana površina	37 %	63 %

Tabela 4. Oksidisana površina i stanje posle čišćenja (Nd³⁺:YAG laser 1,06 μm) na talasnoj dužini λ = 527 nm [11]

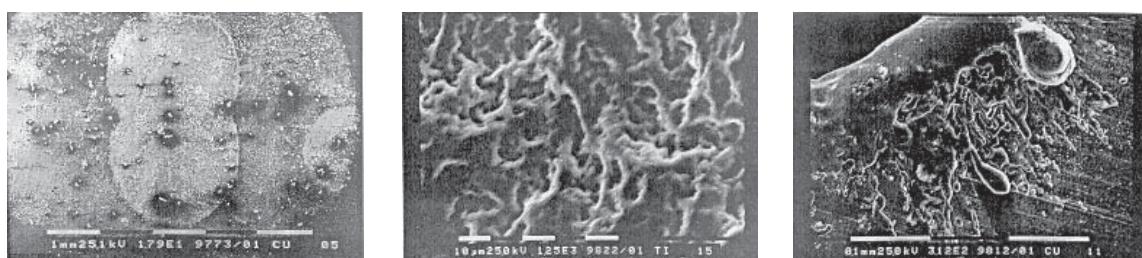


Slika 2. Povreda Cu, E=0,2 J.

a

b

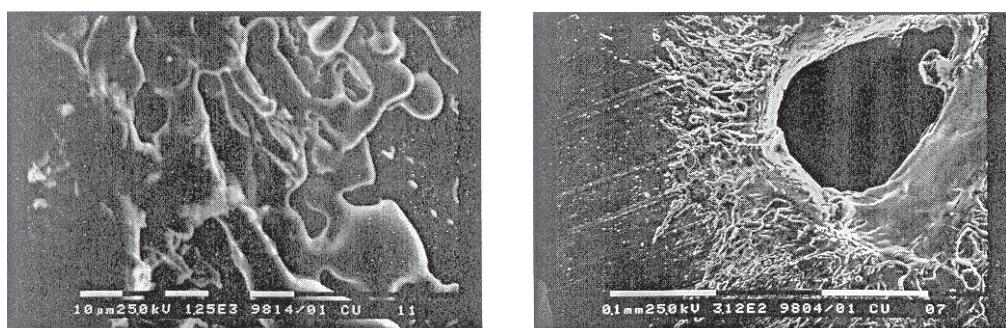
c



Slika 3. Povreda Cu E= 2,6 J

a

b



Slika 4. Povreda Cu E=0,2 J i E= 2,6 J

i isključenjem snopa) od velike je važnosti da su vremenski intrevali u kojima snop interaguje sa materijalom tačno određeni. Dužina intervala direktno utiče ne samo na dubinu nego i na oblik povrede. Ukoliko je interval prekratak, dubina bušenja postaje nedovoljna. Ukoliko je vremenski interval predugačak onda dolazi do deformacije zidova povrede, što je takođe nepovoljno u velikom broju slučajeva.

Na slikama 2-4. date su dobijene povrede materijala dubine ~1mm, delovanjem ruby lasera u Q switch režimu (0,2 J) na atmosferskom pritisku i u vakumu. Na slici br.2. prikazana je povreda u obliku kruga prečnika d~1,79 mm, a na slici br. 3 povreda Cu sa dijametrom prečnika d~2,7mm i detaljima iz centralne regije i regije kratera. Na slici br. 4. prikazane su povrede dobijene u vakumu (0,66 mPa) različitim vrednostima energija (0,2 J i 2,6 J).

Sprega između laserskog zračenja i materijala koji se obrađuje jedan je od promenljivih parametara, ali on se značajno menja u toku procesa, pa ga ne treba isključivo identifikovati sa reflektivnošću.

Kod zračenja koja se koriste pri obradi materijala, neposredno posle topljenja površine formira se plazmeni oblak, koji se velikom brzinom kreće u smeru izvora zračenja i zaklanja materijal. U tom smislu može se zaključiti da bi delovanjem lasera na novčiće koji za osnovu imaju bakar, bilo moguće izvršiti čišćenje površine primenom Nd³⁺: YAG lasera. Očekivana bi bila pojava plazme zelenе boje.

RESUME

Laser's Identification of Archaeological Materials Using Comparative Analysis of Equivalent Bases

Within conservation and restauration, a science of materials has a fundamental character for the object or collection which are the subjects of protection. New technologies, contemporary laser's methods in the first place, enable a state diagnostic and give the answers about an optimal preventive protection and control of exhibit.

This paper presents the results of laser application on materials with the equivalent bases to the materials of coinage from Viminacium, the capital of Rome's county Gornja Mezija.

LITERATURA:

Milosavljević i dr. 2002

Milosavljević A., Polić-Radovanović S., Radovanović R., *Sadejstvo tehnologije i kulture u očuvanju nacionalne baštine*, Zbornik radova "Tehnologija, kultura, razvoj", str. 262-269, Udruženje "Tehnologija i društvo", Beograd, 2002

Vejming 2006

Vejming Li, *Pregled istorije kineske bronce*, Kraljevska bronza dinastija Sja, Šang i Džou, Muzej istorije Jugosavije, 2006

Pini 2000

Pini R., et al., Tests of laser cleaning on archaeological metal artefacts, *J. Cult. Heritage* 1, 2000

Milosavljević 1996

Milosavljević A. et al., *Laser beam effects on Cu and Ti in vacuum and the air*, Vacuum, Elsevier Science Ltd, Great Britain, 1996

Srećković 2004

Srećković M. et al., *Laser application in processing, technology, conservation and expirience of artwork based on light metals*, Journal of Metallurgy, Vol. 10 (3), 2004

Polić-Radovanović 2005

Polić-Radovanović S., Borna N., Milosavljević A., *Neki ekološki aspekti primene lasera (delovanje ekoloških faktora na kulturnu baštinu-dejstvo aerosola)*, Zbornik radova 49. Konferencije za ETRAN, tom III, Budva, 5-10. jun 2005

Spasić-Đurić 2002

Spasić-Đurić D., *Viminacijum, glavni grad rimske provincije Gornje Mezije*, Narodni muzej Požarevac, Požarevac, 2002

Yang Sook Koh 2006

[8] Yang Sook Koh, *Laser Cleaning as a Conservation Technique for Corroded Metal Artifacts*, Luleå University of Technology Department of Applied Physics and Mechanical Engineering Division of Manufacturing Systems Engineering, Doctoral thesis, 2006

Luk'yanchuk 2002

Luk'yanchuk B.S., *Laser Cleaning*, World Scientific Publishing, Singapore, 2002

Čekada, Panjan 2004

Čekada M., Panjan P., *Laserski postopki zaštite površin*, Vakuumist, 24/4, 2004

Kearns 1998

Kearns, A. et al., Laser removal of oxides from a copper substrate using Qswitched Nd:YAG radiation at 1064 nm, 532 nm and 266nm, *Applied Surface Science* Vol 127-129, 1998

Vanja Korać,
Matematički institut SANU

UDK 621.39

MOBILNI E-COMMERCE

ABSTRAKT

Korisnici mobilnih uređaja po svemu sudeći već zahtevaju pristup m-commerce servisima. Zato treba postojeće tehnologije proučiti da bi se došlo do zaključka da li bi se nepromenjene mogle koristiti u svrhu m-commerce ili bi nešto moralo da se prilagodi mobilnom okruženju. Ovaj rad prikazuje pogled na remek delo mobilne trgovine kao fenomena današnjice. On je predstavljen kao opšti koncept koji pokriva bilo kakvu poslovnu transakciju koja se obavlja elektronski između najmanje dva stranke od koje je bar jedna „mobilna“. Samim tim ta strana mora da koristi medijum bežičnog prenosa makar to bio i prvi kontakt u komunikaciji te dve stane. M-commerce servisi trebalo bi da integrišu različite tipove informacija i da obezbede transakcijama brzinu, bezbednost i privatnost.

KLJUČNE REČI: MOBILNI TELEFON, RAČUNAR, TRGOVINA, E-TRGOVINA, BEZBEDNOST, ELEKTRONSKE KOMUNIKACIJE, BEŽIČNE KOMUNIKACIJE

1. UVOD

Mobilno poslovanje je poslovanje uz upotrebu najnovije informacione i mobilne tehnologije, bilo gde i bilo kada. Da bismo razumeli šta je mobilno poslovanje moramo da krenemo od početka tj. da objasnimo šta je to e-commerce, koji su njegovi tipovi i modeli koji se tu pojavljuju, jer on, ustvari, i predstavlja bazu m-commerce-a. Sada bih izneo i neke definicije m-commerce-a koje se javljaju u literaturi mada su one manje više slične. Jedna od takvih definicija je i ta da mobilno poslovanje predstavlja Internet + Wireless + E-Business = M-Business (Kalakota i Robinson). To su u suštini

mobilne transakcije. Mobilna Transakcija je svaka transakcija novčanih vrednosti koja se obavlja preko mobilne mreže. (Durlacher Research).

Jedna druga definicija mobilnog tipa biznisa glasi : „Svaka transakcija povezana sa proizvodima i uslugama, koju obavi prodavac ili kupac uz upotrebu mobilnog telefona ili organizera tj. PDA uređaja, preko mobilne mreže (interneta) predstavlja mobilno poslovanje“ (McGuire).

Forrester definiše mobilno poslovanje kao „upotrebu mobilnih ručnih uređaja za komunikaciju, međusobno povezivanje i transakcije preko brzih veza preko interneta.“

Mobilno poslovanje je poslovanje uz upotrebu

najnovije informacione i mobilne tehnologije, bilo gde i bilo kada. Da bismo pravilno razumeli kako ceo taj sistem funkcioniše ja će da priču počnem od polazne osnove m-commerce-a.

2. E-COMMERCE KAO PREDUSLOV M-COMMERCE

E-commerce predstavlja jedan moderan pristup biznisu. Podrazumeva korišćenje Interneta i njegovih servisa, npr. www, za ostvarivanje transakcija. Predstavlja digitalno omogućene transakcije između organizacije i pojedinaca ili međusobno organizacija. Bitno je da su sve transakcije zasnovane na digitalnoj tehnologiji i da one zapravo predstavljaju razmenu vrednosti i novca u zamenu za servise, proizvode i informacije. Glavne karakteristike *e-commerce* su sledeće :

1. Sveprisutnost - zbog ekspanzije tehnoloških dostignuća, oprema koja je potrebna da bi se ostvarila *e-commerce* razmena, svuda je prisutna: u školama, u kući, na poslu, na mobilnim uređajima.

2. Globalna dostupnost - granice više ne postoje, transakcije se mogu obaviti bilo gde u svetu, daljina više nije prepreka.

3. Univerzalni standardi - Internet standardi.

4. Informaciono bogatstvo - mogućnost korišćenja i prenosa teksta, video sadržaja, audio materijala itd.

5. Interaktivnost - tehnologija koja omogućava interakciju sa korisnikom.

6. Informaciona gustina - podrazumeva opadanje informacionih troškova, a rast kvaliteta.

7. Personalizacija - tehnologija koja omogućava da se personalne poruke šalju individualno ili grupno.

Da se ovde radio o izuzetno snažnom tipu biznisa, govori i činjenica o tome koje su sve discipline uključene u *e-commerce* :

1. Sociologija,
2. Informatika,
3. Menadžment,
4. Informacioni sistemi,

5. Ekonomija,
6. Marketing,
7. Menadžment,
8. Finansije.

2.1 OBLICI E-Commerce-a

Oblike *e-commerce*-a razlikujemo prema **odnosu na tržište i odnosu na tehnologiju**.

Prema odnosu na tržište :

- B2C** - business to consumer,
- B2B** - business to business,

C2C - consumer to consumer.

Prema tehnologiji :

- P2P**-peer to peer,
- M-commerce**.

2.1.1 B2C (*business to consumer*) model



Najčešće diskutovani oblik. *On-line* preduzeća teže da direktno pristupe individualnim potrošačima. Potrošači u USA su potrošili \$65 milijardi u 2001. Jedan od predstavnika je **Amazon.com**. Oblici **B2C** modela:

Portal - pruža snažan alat za pretraživanje, plus integrисани paket sadržaja i servisa. Po pravilu koristi kombinovani model prihoda – pretplata, prihod od reklamiranja, i provizija po transakciji. Razlikujemo opšti i specijalizovani (vortal).

E-prodaja - *on-line* verzija tradicionalne trgovine na malo, obuhvata :

- **virtualne trgovine** (*on-line* prodavnice),
- **klik i zidane e-trgovine** (*on-line* distribucione kanale kompanija koje imaju istovremeno i fizičke prodavnice),
- **kataloške trgovine** (*on-line* verzije direktnih mail kataloga),
- **on-line trgovinske centre** (*on-line* verzije trgovinskih centara),
- **direktna prodaja** proizvođača preko Web-a.

Provajderi sadržaja – predstavljaju kompanije koje pružaju usluge informacija i kompanije koje se bave uslugama zabave, nude digitalne sadržaje preko Web-a. Od modela prihoda tipično je korišćenje reklama, pretplata, ili model prihoda na osnovu provizije preko partnera.

Transakcioni brokeri – predstavljaju kompanije koje vrše procesiranje on-line prodajnih transakcija. Tipično je korišćenje modela prihoda tipa transakcionih provizija.

Kreatori tržišta - Internet tehnologija koristi se za kreiranje tržišta na kome se susreću kupci i prodavci. Po pravilu se koristi model prihoda zasnovan na transakcionim provizijama.

Provajderi usluga - *on-line* ponuda servisa.

Provajderi okupljanja - obezbeđuju on-line okupljanje pojedinaca sličnih preokupacija, u cilju povezivanja i razmene informacija. Prihod se ostvaruje kroz provizije usmeravanja, reklamiranje ili pretplatu.

2.1.2 B2B (*business to business*) model



Business to business je najveći oblik *e-commerce* sa \$800 milijardi transakcija u 2002. godini. Primarno obuhvata razmenu između preduzeća. Preduzeća se orijentisu na prodaju drugim preduzećima (usluge, proizvodi informacije). Razvijaju se i drugi modeli :

1. B2B Hub -takođe poznat kao *tržište-razmena*, elektronsko tržište gde dobavljači i trgovci na veliko mogu da obave transakcije. Mogu biti opšti (horizontalno tržište) ili specijalizovani (vertikalno tržište).

2. E-distributeri – ostvaruju direktno snabdevanje proizvodima individualnih poslovnih jedinica.

3. B2B provajderi servisa- prodaja poslovnih servisa drugim kompanijama.

4. B2B posrednici – povezuju različita poslovanja, a naplatu usluga vrše po transakciji ili

na osnovu provizija za usluge.

5. Infomediari - nalaženje i preprodaja poslovnih informacija.

Osobina ovog modela je da skraćuje proizvodni ciklus, „*just-in-time*“ upravljanje zalihami. Jedan od predstavnika je **eSteel.com**.

2.1.3 C2C (*consumer to consumer*) model



Omogućava potrošačima direktnu međusobnu trgovinu. Procena vrednosti ovog tržišta je oko 15 milijardi \$ u 2004. godini. Ovaj model se ostvaruje na sledeći način. Pojedinačno priprema proizvod za tržište, stavlja proizvode na aukciju ili prodaju, oslanja se na tržišne posrednike (*on-line* markete), koji obezbeđuju kataloge, pretraživače i servise za kompletiranje transakcija. Jedan od predstavnika je **eBay.com**.

2.1.4 P2P (*peer to peer*) model



Omogućava korisnicima Interneta razmenu fajlova i drugih računarskih resursa Primer: Napster, Kazaa, Gnutella. Kazaa je danas vodeća P2P softverska mreža, mada i dalje pod udarom zakona o zaštiti autorskih prava.

2.1.5 M-COMMERCE model

Omogućava korisnicima bežičnih digitalnih uređaja da vrše transakcije na Web-u. Za konekciju se koriste tzv. PDA uređaji (Personal Digital Assistant) ili smart moblni telefoni. U ovom radu se upravo opisuje ovaj tip modela e-commerce biznisa.

3. M-COMMERCE MODEL

U širem smislu ***M-commerce*** (eng. Mobile commerce) predstavlja svaku transakciju realizovanu preko mobilne telekomunikacione mreže, dok u užem smislu to predstavlja transakciju novčane vrednosti preko mobilne telekomunikacione mreže. U skladu sa ovom definicijom, *m-commerce* predstavlja podskup svih *e-commerce* transakcija, kako u B2C (business-to-consumer), tako i u B2B (business-to-business) segmentu.

Uključuje, kombinovanje govora, podataka, audio i video sadržaja na jednom bežičnom uređaju. Bežični digitalni uređaji omogućavaju transakcije na Web-u. Za konekciju se koriste tzv. PDA uređaji (Personal Digital Assistant) ili mobilni telefoni. Najčešće se koriste u Japanu i Evropi.

Za mnoge ljude širom sveta, mobilni telefoni predstavljaju prvu tačku pristupa Intenetu, sasvim tim i *e-commerce* sistemima. Danas, većina istraživanja

m-commerce sistemima predviđa uspešnu budućnost, sa perspektivom da ovaj model elektronske trgovine postane i dominantan na pojedinim nacionalnim i regionalnim tržištima. Jedan od predstavnika je **Amazon.com**, koji je prilagodio biznis aplikacije bežičnoj tehnologiji.

M-commerce aplikacije omogućavaju primenu bežičnih mobilnih uređaja za kupovinu različitih roba u usluga, pozorišnih i prevoznih karata, knjiga, realizaciju bankovnih transakcija, pristup plaćenim sadržajima i informacijama (repertoar bioskopa, red vožnje, vremenska prognoza, kursna lista, izveštaji sa berzi...). Sve ove opcije su prisutne i u *e-commerce* aplikacijama i sistemima. Prednosti *m-commerce* sistema, u odnosu na klasične *e-commerce* sisteme su višestruke, ali one ne mogu biti u potpunosti iskorišćene dok se ne otkloni niz nedostataka i nesavršenosti. Kao najvažniji nedostaci *m-commerce* aplikacija izdvajaju se, pitanje autentifikacije, sigurnosti i privatnosti.

Kao poseban problem snažnom razvoju *m-*

commerce sistema konkretno u našoj zemlji nameće se niži nivo razvijenosti mobilnih telekomunikacionih mreža. Postojeća, druga generacija mobilnih telekomunikacionih mreža u SCG, nije dovoljna za puni napredak mobilne elektronske trgovine.

3.1. Pokretači razvoja *m-commerce*

Preduslov razvoja mobilne elektronske trgovine je, bez sumnje, napredak i uvođenje novih tehnologija mobilnih telekomunikacija. Praktično, postojeće tehnologije su i jedino značajno ograničenje brzeg razvoja *m-commerce* tehnologija i sistema u našoj zemlji. U nekoliko narednih godina, očekuje se prelazak sa današnje druge generacije mobilnih telekomunikacija (pre svega GSM 900 i GSM 1800) na treću generaciju mreža i uređaja mobilne telefonije (3G). Treća generacija mobilnih telekomunikacija će stvoriti uslove za potpunu ekspanziju mobilne elektronske trgovine. Međutim, već sada se može izdvojiti više pokretača budućeg razvoja *m-commerce-a*:

- Masovno tržište mobilne telefonije ;
- Nagli razvoj Interneta i elektronske trgovine;
- Usavršavanje opreme i uređaja za mobilnu telefoniju ;
- Novi principi tarifiranja servisa ;
- Uspeh u podeli licenci za UMTS (3G).

U većini zemalja Evropske Unije, iskorišćenost mobilne telefonije je već uveliko prešla 50 процента. U SCG, trenutno ima između 2 i 11.5 miliona mobilnih pretplatnika u zavisnosti od izvora procene. Kako su procene o broju mobilnih pretplatnika različite, tako su prisutna i suprotna mišljenja o dinamici povećanja njihovog broja u narednom periodu.

Drugi značajan pokretač mobilne trgovine je nagli razvoj Interneta i elektronske trgovine. Sa preko 50 miliona korisnika u prvih pet godina komercijalne primene, Internet je postao najbrže prihvaćen medijum masovne komunikacije u istoriji. Koliko je brzina širenja Interneta velika, možda najbolje odslikava poređenje sa telefonii-

jom kojoj je trebalo 70 godina, i televizijom kojoj je trebalo 15 godina da pređe put do 50 miliona korisnika.

S' obzirom da je većina svetskih proizvođača opreme i mobilnih telefona osvojila proizvodnju aparata koji su dostigli tehnološki limit druge generacije mobilnih telekomunikacionih mreža, u fokusu njihovog rada, u ovom trenutku, nalazi se oprema treće generacije i komplementarne tehnologije. Kompanije koje su već obavile uspešna testiranja 3G telefona (Nokia, Ericsson), spremaju i komercijalizaciju 3G mreža (NEC za potrebe BT-ove filijale Manx Telecom). Paralelno sa radom na 3G proizvodima, većina kompanija posebnu pažnju posvećuje razvoju **Bluetooth** opreme i uređaja. U našoj zemlji, dominantna tehnologija je i dalje GSM (2G).

Sa uvođenjem GPRS (2G++) tehnologije kakve su uveli (Mobitel i Telekom), dolazi i do promene sistema tarifiranja, kao preduslova za potpuni razvoj *m-commerce* sistema i servisa. GPRS promoviše tzv. „always on“ model tarifiranja, koji je jedini relevantan, kada je mobilni Internet u pitanju. Ovaj model favorizuju, pre svih, operateri mobilne telefonije, koji na ovaj način ostvaruju veće predvidljivije prihode. Na kraju, dolazimo i do tehnološki odlučujućeg faktora razvoja mobilne trgovine- UMTS mobilnih mreža treće generacije. UMTS tehnologija (Universal Mobile Telecommunication System – Jedinstveni Mobilni Telekomunikacioni Sistem) u punoj meri obezbeđuje kvalitetan prenos video signala preko mobilne telekomunikacione mreže, sa prognozom brzine prenosa podataka do 384 kbps. 3G objedinjuje dvije moćne snage: širokopojasne radiokomunikacije i usluge temeljene na IP-u. Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) je način širokopojasnog višestrukog radio pristupa, koji omogućuje mnogo veće brzine prijenosa podataka od onih koje nam pružaju danas (GPRS i EDGE, podaci se prenose brzinom od 46 kbps, odnosno 220 kbps) primjenjivani načini radioprijenos: do 2Mbit/s uz vrlo efikasno korišćenje radio-spektra. Uz pomoć WCDMA tehnologiju biće

moguće paralelno korišćenje nekoliko govornih, video i usluga prenosa podataka u isto vreme. Da bi 3G postao naša svakodnevica, istraživači su radili na brojnim područjima. 3G omogućuje bežični (radio) pristup velikim brzinama i usluge utemeljene na Internet protokolu (IP) integrišući ih u jedinstveno, telekomunikacijsko okruženje. Korak prema IP je presudan. IP se temelji na paketnom prenosu, što jednostavno znači da korisnici mogu imati stalnu vezu ("on line"), a plaćati samo stvarnu količinu primljenih ili poslatih informacija. IP protokol pruža niz pogodnosti te čini pristup mnogo bržim: učitavanje datoteka se obavlja u svega nekoliko sekundi, a na mrežu kompanije se možete priključiti samo jednim pritiskom miša.

Ukupna ulaganja u opremu i razvoj servisa za 3G mreže u Zapadnoj Evropi dostiže neverovatnih 500 milijardi eura, naravno uz poteškoće i neminovne zastoje. Ipak, velika potražnja za 3G licencama se može jedino objasniti time što će nova generacija mobilne telefonije doneti velike prihode svojim vlasnicima (operatorima). Jedan od činilaca (verovatnog) uspeha je i *m-commerce*, čiju vrednost do kraja 2005. godine u Evropi, procenjuju na više od 100 milijardi dolara¹. Nažalost u našoj zemlji predstoji tek podela 3G licenci. Naravno, to nije sve, već se pojavljuje i novi standard. Dvadeset šest operatora mobilne telefonije i proizvođača telekomunikacione opreme iz Azije SAD i Evrope potpisalo je nedavno sporazum o razvoju novog standarda za mobilnu telefoniju treće generacije (3G). Radi se o standardu „Super 3G“ koji će omogućiti prenos podataka deset puta većom brzinom od postojećeg standarda 3G. Novi standard će na primer omogućiti „skoro trenutni pristup video visoke rezolucije“ navodi se u saopštenju objavljenom nakon potpisivanja sporazuma. Očekuje se da će prva faza razvoja standarda Super 3G biti završena do 2009. godine.

Potpisnici sporazuma su odlučili da ne gradio potpuno novu mrežu nego da unaprede postojeću infrastrukturu. Razlog za tu za tu odluku najverovatnije leži u činjenici da su u postojeće 3G mreže

1. Procena konsultantske firme McKinsey.

uložena ogromna finansijska sredstva, što je njihove vlasnike umalo dovelo do bankrotstva. Samo NTTDoCoMo, primera radi, uložiće oko milijardu dolara u reorganizaciju svoje 3G mreže i njeno usklađivanje sa stardardom Super 3G.

Među potpisnicima sporazuma su između ostalih, kompanije NTT DoCoMo, Vodafone group, Cingular Wireless, Chine Mobile Communication, NEC, Alcatel i Siemens.

3.2 Stvaranje uslova za ostvarenje m-commerce

Pre nego što *m-commerce* zaživi, potrebna je čvrsta osnova koja se sastoji od 7 elemenata:

1. Ponuda interesantnih aplikacija.
2. Olakšano korišćenje, tako da je navigacija laka i logična. Na primer, aplikacije restorana, koje rangiraju restorane po popularnosti, su korisnički privlačnije nego rangiranje po abecednom redu.
3. Aplikacija mora biti stabilna i obezbeđena.
4. Neophodne su **packet-switched** mreže.
5. Mobilni uređaji moraju biti u koloru, sadržati grafiku i što više redova teksta.
6. Obezbeđenje jednostavnog pristupa servisu koji mora da ima mogućnosti opsluživanja više konekcija odjednom.
7. Fokusiranje na urbanu populaciju. Obično je urabnija populacija spremnija za naprednije servise, jer ih duže i češće upotrebljava. Mlađa populacija i tinejdžeri bi bili ciljna grupa.

3.3 M-commerce servisi

Pre svega mora se uzeti u obzir cena uvođenja mobilnog poslovanja. Ona može široko varirati u zavisnosti od toga kako je mobilno rešenje implementirano, kolika je cena licenciranog softvera i slično. Troškovi se generalno mogu podeliti na :

- *Hardver* uključuje mobilne terminale (telefone, PDA uređaje...), servere, WLAN mreže i drugo.
- *Softver; razvoj i integracija* uključuje licencu za platforme, razvojni alat, troškove razvoja i integracije sa back-end sistemima i postojećim WEB aplikacijama.

Kada se donese konačna odluka o prelasku na mobilno poslovanje, veliki izazov predstavlja definisanje uspešne strategije za rad u mobilnom okruženju. Uspešno poslovanje u mobilnom svetu zahteva od kompanija, upravo, da razumeju razlike između mobilnog Interneta i Interneta i da prihvate izazove koje pred njih stavlju mobilne tehnologije. Tek tada se može govoriti o uspehu u svetu mobilnog poslovanja.

Prema istraživanju², 80 procenata korisnika Interneta koristilo je ovaj medijum za kupovinu ili informisanje o konkretnim proizvodima. Istraživanje je od značaja upravo zbog uključivanja i onih Internet korisnika, koji nisu ostvarili prave *on-line* kupovine, već su Internet koristili za sakupljanje informacija i upoređivanje karakteristika i cena konkurenčkih proizvoda. Na sličan način funkcioniše i *m-commerce*. *M-commerce* transakcije ne moraju biti samo on-line kupovine (slika 1.). Praktično, *m-commerce* servisi koriste i “***click-and-mortar***” poslovni model. *Click-and-mortar* model, treba da približi svoje poslovnice kako bi bile što pristupačnije korisnicima za isporuku.

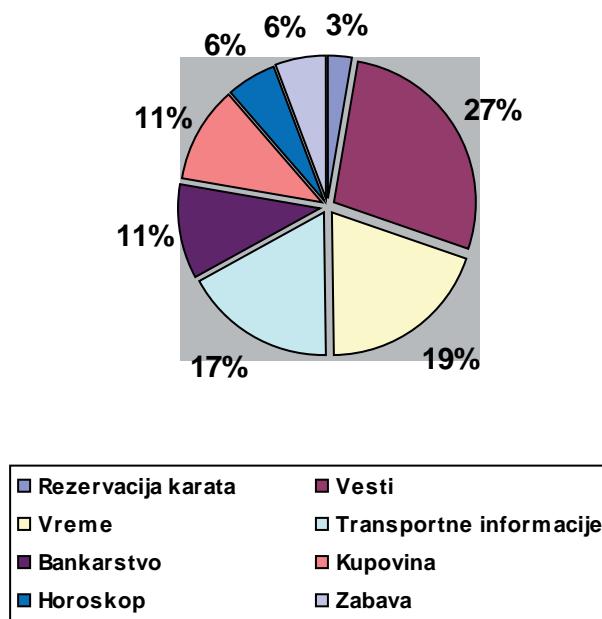
Kada e-kompanija izgradi svoje poslovnice blizu kupaca i kada su isporuke od skladišta do krajnjeg korisnika ekonomične, onda kompanija može da stvori uslove da mušterija sama preuzme robu (na primer, kupac naruči proizvod on-line i preuzme ga u najbližoj prodavnici te firme). Kupci mogu takođe da koriste **web-sajtove** da bi našli informacije o proizvodima, a zatim u najbližoj prodavnici ili kod dilera preuzeli robu. Ovaj model je praktičan i za povratni proces (vraćanje robe, reklamacije i slično).

Evo primera, kako bi se odvijala kupovina avionske karte. Korisnik može preko mobilnog telefona ili PDA uređaja, izabrati željeni avionski let i kupiti kartu, čak i uz mogućnost real-time plaćanja, ali ipak mora otići do agencije ili aerodroma da je fizički preuzme.

M-commerce servisi su u osnovi “***short-time***” servisi, i to iz više razloga.

Prvo, mobilni telefoni i uređaji za mobilnu ko-

2. Prema istraživanju Jupiter Research-a.



Sl. 1. :Učešće usluga u m-commerce

munikaciju imaju više tehnoloških ograničenja u odnosu na osnovno sredstvo *e-commerce* servisa a to je personalni računar (ograničenja u manipulaciji, autorizacija, sigurnost i privatnost).

Druge, mobilni telefoni su uvek kod svojih vlasnika, bez obzira gde se oni nalaze. Zbog toga se nameću kao najbolji izbor u slučaju potrebe trenutne akcije, koja je uslovljena. Uslovno rečeno, sve ozbiljnije *on-line* kupovine će se i dalje (još neko vreme) ostvarivati uz komfor personalnog računara na poslu ili kod kuće.

Treće, *m-commerce* servise možemo podeliti u 4 generacijske grupe :

1. Prvu generaciju (1999. godina) čine osnovni servisi (glas, organizatori)
2. Drugu grupu (2000. godina) predstavljaju tzv. informacioni servisi, kao što su *e-mail*, vremenska prognoza, turističke informacije, *yellow pages*.
3. Treću generaciju servisa (2001. godine) čine tzv. transakcioni servisi- turističke rezervacije, bankarske transakcije, *on-line* aukcije.
4. Četvrta generacija servisa se ostvaruju sa razvojem 3G mreža. Upravo 3G tehnologija određuju mogućnosti 4. generacije *m-commerce*

servisa, koja uključuje multimediju , video konferencije i *on-line* igre.

Iz korisničkog ugla *m-commerce* servise možemo podeliti na:

- Bankarske usluge;
- Berzanske usluge;
- *On-line* kupovinu (šoping) i
- servise sadržaja (novosti, vremenska prognoza, horoskop).

3.4. M-commerce –mobilno bankarstvo

Kada je reč o mobilnom bankarstvu, hteo bih ukratko da objasnim kako se ono ostvaruje. Naime, sada su finansijske institucije u mogućnosti da ponude različite vrste usluga kao što su bankarske, brokerske, berzanske, usluge osiguranja, i to preko mobilnih telefona, ili personalnih digitalnih asistenata (PDA). Na taj način ove institucije istovremeno povećavaju lojalnost svojih klijenata, kao i produktivnost svojih zaposlenih.

Lojalnost korisnika je važnija od isključivog povratka investicija. Naravno, aspekt lojalnosti korisnika je veoma važan, ali zaposleni takođe mogu imati koristi od mobilnih servisa, i upravo to dovodi do povećanja produktivnosti i efikas-

nosti. Na primer, kada Investiciona banka vrši istraživanja, ona može imati dodatne koristi, ako najnovije informacije distribuiru do svojih zaposlenih, u trenutku njihovog nastajanja.

Pošto mobilni Internet omogućava korisnicima da pristupe finansijskim institucijama sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme (postupak sledi u daljem izlaganju), kompanije koje se bave pružanjem finansijskih usluga treba da na mobilne servise gledaju kao na dar, a ne da brinu o tome kako će im se povratiti uložene investicije. Personalizacija je ključ za lojalnost korisnika, čime se uspostavljaju jake veze sa korisnicima koji ne zavise od određene lokacije. Razvijajući neke drugačije i naprednije servise koji se ne mogu naći bilo gde na tržištu, privlače se korisnici i povećava njihova lojalnost. Na taj način se može postati lider na tržištu. Broj finansijskih servisa u velikoj meri zavisi od raspoložive mobilne platforme na kojoj će se izvršavati. U današnje vreme imamo različite vrste finansijskih servisa i možemo ih podeliti na:

1. bankarske,
2. brokerske,
3. servise investicionog bankarstva,
4. i druge finansijske servise.

3.4.1 Bankarski servisi

Skoro sve veće banke su uvele ili planiraju da uvedu servise mobilnog bankarstva. Dok je većina starijih aplikacija realizovana putem SMS-a, dvosmerni komunikacioni protokol (većina današnjih aplikacija) bazirana je na WAP standardu³. WAP omogućava mobilnim uređajima da komuniciraju preko Interneta jednostavnim unošenjem adrese kojoj žele da pristupe. Raniji servisi bili su tipično informaciono-bazirani. Korisnici su mogli da putem svog mobilnog uređaja proveravaju stanje na računu, stanje na kreditnim karticama ili da dobiju neke osnovne finansijske informacije. U današnje vreme banke počinju da objedinjuju mogućnosti transakcije u svojim servisima. Od ovih servisa najčešće se koriste plaćanje računa, prenos sredstava ili aplikacije kreditiranja.

3.4.2 Brokeri

Brokerske kuće su hitno, neke od svojih servisa prebacile i na mobilni Internet. Nezavisnost od vremena i lokacije pristupa mobilnih brokerskih servisa predstavljaju karakteristike, koje su veoma atraktivne za one korisnike koji često trguju. Kao dopunu, mobilni brokerski servisi nude svojim korisnicima da hitro reaguju na promene u uslovi ma tržišta. Brokerske kuće nisu u mogućnosti (za sada) da u potpunosti ponude sigurne aplikacije. Iz tog razloga one su se fokusirale na informaciono-bazirane aplikacije, kao što su praćenje vesti, pregled vrednosti akcija u realnom vremenu i proveru računa.

3.4.3 Investiciono bankarstvo

Investicione banke su uvidele potencijal koji donosi *m-commerce* kako za povećanje produktivnosti njihovih zaposlenih, tako i za dodavanje novih servisa za institucije i privatne klijente. Sa aspekta prodaje i trgovine, investicione banke nude svojim klijentima "Just in case" mobilne aplikacije koje će u svako doba biti povezane sa tržištem. Važne vesti, promene cena, različite analize mogu biti isporučene korisnicima odmah po njihovom nastajanju, bez obzira na kojoj se oni lokaciji nalazili. Sa aspekta akcionarskog investiranja i iz oblasti konsaltinga, aplikacije mobilnog poslovanja obezbeđuju kompletну finansijsku pomoć. Iz oblasti konsaltinga one omogućuju alate za podršku u odlučivanju, pomoću kojih donosioci odluka mogu da dele svoje mišljenje sa klijentima.

3.4.4 Drugi finansijski servisi

Dok su banke i brokerske kuće bile prve koje su svoje servise ponudile u bežičnom svetu, druge finansijske ustanove, kao što su osiguravajuće kompanije, zajmodavci i hipotekarske ustanove, savetodavne institucije, kao i kreditne ustanove, bi trebalo da u skorije vreme razviju aplikacije mobilnog poslovanja. Na primer, putnik na aerodromu može da primi poruku koja ga obaveštava o paketima osiguranja koje može da dobije,

3. Wireless Aplicaton Protokol

ekspert za pozajmice može takođe preko mobilnog uređaja da prikaže različite opcije pozajmica svojim klijentima.

3.5 M-COMMERCE U POSLOVNIM SISTEMIMA

Različiti poslovni procesi mogu biti unapređeni i realizovani integracijom mobilnih tehnologija. Uvođenjem mobilnih uređaja kao izbora interfejsa, omogućen je lakši pristup informacija i operacijama unosa podataka, povećana je dostupnost zaposlenih u skoro svakom trenutku, u slučajevima donošenja odluka i slično. Poslovni procesi postaju dinamičniji i praktično „*real-time*“. *M-commerce* mora biti integriran sa drugim korisničkim servisima. Dobra *m-commerce* strategija ne znači da ona treba da bude izolovana od drugih korisničkih kanala u organizaciju. Kompanije koje ne integrišu svoje tradicionalne Web strategije i Brick and Mortal modele poslovanja samo zbumuju i udaljuju svoje korisnike. *M-commerce* mora biti inkorporiran u strategiju organizacije tako da dopunjuje i da bude dopunjavan od strane drugih servisa. Kompanija mora da ima takođe i *Rollout* strategiju⁴. Pre nego što pusti svoj sistem u rad, kompanija bi prvo trebalo da ga isproba na nekoj lokaciji u kojoj će se on koristiti u manjoj meri. Tek posle rada na nekom probnom tržištu, aplikacija bi trebalo da se „roluje“ odnosno pusti u rad na ključno područje.

Danas postoji više oblasti e-Business-a, gde bežične tehnologije imaju značajan uticaj i stvaraju novu „vrednost“:

- Integracija lanca snabdevanja,
- Telemetrija,
- Upravljanje transportnom flotom,
- Upravljanje odносima sa korisnicima,
- Automatizacija prodaje,
- WASP⁵ i druge.

4. Strategija puštanja u rad aplikacije.
5. Wireless Application Service provider

Od posebnog značaja je uvođenje mobilnih telekomunikacija u zadatke i procese upravljanja odnosima sa korisnicima. U današnje vreme najznačajnije softverske kompanije u ovoj oblasti (SAP, Siebel, Oracle, Onyx, Remedy) praktična rešenja su već ponudili.

3.6 OSTVARIVANJE FINANSIJSKIH I DRUGIH MOBILNIH TRANSAKCIJA

3.6.1 Mobilni uređaji

To su ustvari klijentski uređaji **Palm**, **iPaq**, **pejdžeri**, **Smart telefoni**, **WAP telefoni**. Oni u sebi sadrže i operativni sistem. Operativni sistem je softverski paket koji upravlja osnovnim operacijama računara, operativni sistemi razvijeni za mobilne uređaje su:

a. Windows CE: verzija microsoftovog windows-a . Instaliran je na mnogim PDA uređajima

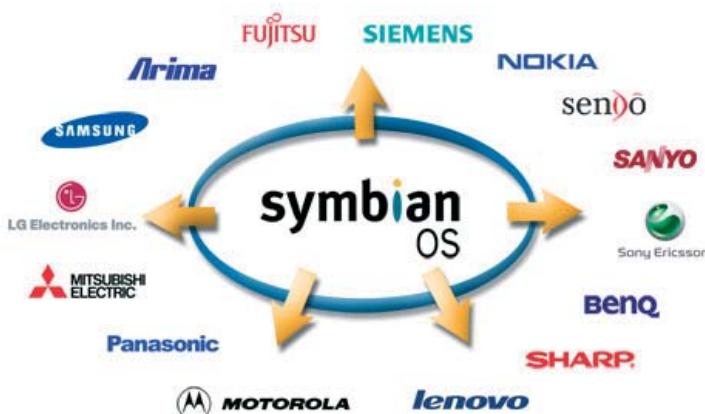


b. Palm OS: Razvijen je od strane 3COM-a. Predstavlja najpopularniji OS za mobilne uređaje i široko je rasprostranjen na tržištu. Ima ugrađenu podršku za neke Java aplikacije.



c. Linux: Veoma efikasan, ima podršku za Java aplikacije, otvoren kod i može da se instalira na većini PDA uređaja i na smart telefonima.





d. EPOC/Symbian : Operativni sistem razvijen za telefone Sony Ericsson, Nokia, Samsung, Siemens, Sharp i mnoge druge proizvodjače mobilnih telefona.

Svaki od mobilnih uređaja zahteva određeni način komunikacije, kao i *gateway* za komunikaciju sa aplikativnim serverom. Svaki uređaj ima različite karakteristike :

Veličina ekrana prilagođena je različitim vrstama prikaza podataka ;

Tastatura treba da generiše različite sisteme navigacije sa aplikacijom.

Aplikativni server stoga ima značajnu ulogu jer mora da razvrstava ove uređaje i da svakom šalje podatke u formatu koji će biti u skladu sa njihovim dizajnom.

3.6.2 Povezivanje, Gateway

Polazeći od krajnjeg korisnika, mobilni uređaj, može biti bilo koji uređaj kojim on pristupa lokalnom *cell centru*. *Cell centar* odgovara za pokrivenost određenog geografskog regiona. Kada primi podatke on ih šalje baznoj stanici. Mobilna mreža snima i identificuje sve potrebne informacije u lokalnom registru, ukoliko je korisnik na lokalnoj geografskoj pokrivenosti. Ako nije, tada stanica pravi poziv i određuje se *roaming*¹ poziva. Kada

1. Roaming je usluga koja omogućava korišćenje mobilnog telefona van granica zemlje, odnosno područja koje pokriva GSM operater čije se usluge koriste, na osnovu sklopljenog komercijalnog *roaming* ugovora sa nekim od mobilnih operatora te zemlje. Biti u roamingu znači biti van granice zemlje matičnog operatera i koristiti roaming usluge. Svi razgovori obavljeni u roamingu, podležu roaming tarifiranju. Roaming tarifa razlikuje se u zavis-

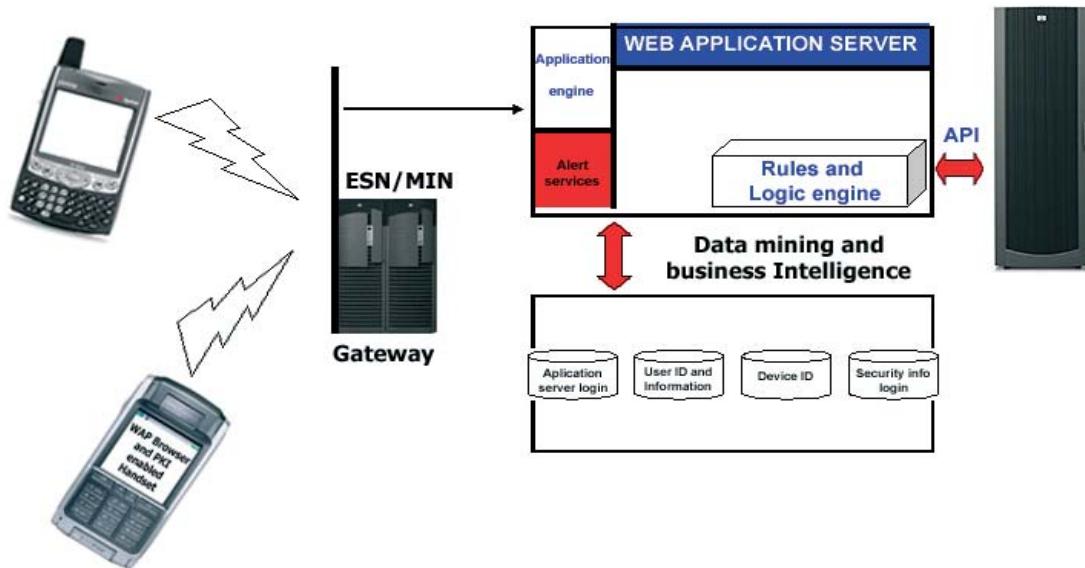
se poziv inicira (slika 2.), uređaj šalje svoj identitet preko Electronic serial number-a (ESA) i mobilnog identifikacionog broja (MIN). Ove informacije su od vitalnog značaja jer preko njih *gateway* vrši identifikaciju korisnika. Na ovaj način aplikacioni server priprema podatke koje će kasnije poslati odgovarajućem korisniku.

Paket je kolekcija podataka pripremljena za poseban način slanja.

Postoje dva načina prenosa i to, takozvani *circuit* tip prenosa i paketski način prenosa podataka. *Circuit* je tip prenosa u kojem se uspostavlja trajna i nepromenjiva fizička veza između dva korisnika za vreme njihove konekcije. Trajanje veze identično je trajanju poziva. Paketski prenos ne zahteva otvorenu liniju između pošiljalaca i primalaca podataka. Ovaj metod omogućava da se podaci podele u veći broj paketa i da se pošalju. Na prijemnoj strani oni se ponovo sklapaju u celinu. Druga prednost paketnog sistema prenosa ogleda se specifičnom korišćenju određenog radio kanala, koji je zauzet samo u trenucima kada postoji realan protok podataka. Kada takvog protoka nema, veza se oslobađa i stavlja na raspolaganje drugom korisniku. To je mnogo efikasniji način korišćenja veze od rezervisanja fiksног kanala za jednog korisnika na određeno vreme, pošto na ovaj način veći broj njih može koristiti isti kanal. Broj korisnika koji mogu simultano koristiti jedan kanal, limitirana je jedino količinom podataka koji se prenose, a njega operateri mogu lako ograničiti. Konektivnost koja zavisi od različitih mobilnih uređaja, takođe može varirati od provajdera do provajdera.

3.6.3 Bežični srednji sloj (aplikativni sloj)

Aplikativni sloj je centralni deo mobilnog sistema. To je mesto gde se tok podataka kontroliše, postavljaju i izvršavaju pravila. Aplikativni softver bi trebalo da bude otvoren sistem od zemlje u kojoj se nalazite i operatera s kojim matična mreža ima sklopljen ugovor o komercijalnom roamingu, a koji je diktira.



Sl. 2. : Arhitektura mreže

koji lako može da uspostavi komunikaciju sa drugim sistemima. Aplikativni softver mora da poseduje sledeće karakteristike :

- Robusnost-sistem može da podržava obavljanje transakcija 24 sata sedam dana u nedelji ;
 - Skalabilnost- servis je spreman da prihvati sve veći broj korisnika bez dodatnog rada na razvoju aplikacije;
 - Distributivnost-omogućava da se proces veoma brzo izvšava i da korisnik u najkraće vreme dolazi do podataka uprkos većem broju slojeva kroz koje oni prolaze;
 - Fleksibilnost-razdvojeni su podaci, poslovna logika, i prezentacioni sloj tako da se lako mogu dodavati nova rešenja u sistemu bez potrebe za ispravkama ;
 - Lak za instaliranje, konfigurisanje i dodavanje novih servisa ;
 - Klijentska aplikacija mora biti laka za instalaciju;
 - Lak za integraciju sa drugim serverima i **back-end** sistemima;
 - Morati biti zaštićen od različitih vrsta upada.
- Jedan od najčešćih metoda komunikacije sa **back-end** sistemima je XML-API alat za rad sa podacima.

3.6.4 Transcoding

Transcoding je proces formatiranja podataka, kojima korisnik pristupa putem svog mobilnog uređaja, upotrebom XML, XSL i DTD fajlova. Ovaj metod omogućava krajnjem korisniku da pristupi podacima bez obzira koji uređaj koristi.

Kada se sa mobilnog uređaja inicira zahtev za pristup podacima, aplikativni server prihvata zahtev i određuje sa kojeg uređaja se vrši pristup. Koristeći više logičkih procesa, aplikativni server procesira podatke u XML dokument koji može komunicirati sa *back-end* sistemom preko API konekcije. Rezultat je da su izvorni podaci transformisani (procesirani) upotrebom XSL *style sheet* u format odgovarajući mobilnim uređajima. Ovaj postupak je veoma složen.

Aplikacioni server može korisiti standardne osobine mobilnih sredstava za upravljanje podacima. Ovo može doprineti lakšem razvoju aplikacije. Na nivou aplikacionog servera mogu biti uskladišteni **user Id** i **Id mobilnog uređaja**. Aplikacioni server pristupa bazi u trenutku kada prima zahtev za pristup od mobilnog uređaja. Baza priprema format podataka u zavisnosti od uređaja koji joj pristupa. Aplikacioni server takođe poredi identifikacioni broj uređaja sa korisničkim **Id**

i tako vrši verifikaciju. Zatim aplikacioni server uspostavlja komunikaciju sa *gateway* serverom, a ovaj dalje prosleđuje podatke uređaju koji je inicirao konekciju.

3.6.5 Pushing i pulling podataka

Pull tehnologija je tehnologija u kojoj klijent inicira komunikaciju koristeći *gateway* i zahtevajući podatke. Tada se podaci dovlače sa aplikacionog servera na mobilni uređaj.

U **push** tehnologiji aplikacioni server ima veću kontrolu nad mobilnim uređajima. Aplikacioni server donosi odluku kada će poslati podatke mobilnom uređaju. Za *push* tehnologiju nije potreban prethodni zahtev klijenta.

4. MOBILNO PLAĆANJE

Servisi mobilnog plaćanja su još u fazi razvoja. Za sada još uvek nema najboljeg rešenja koje bi zadovoljilo većinu korisnika i koje bi se nametnulo kao standard na tržištu. Razvoj mobilnog plaćanja će se nastaviti dok se ne iskristališe jedno ili dva rešenja koja će se nametnutu kao standard na tržištu. Za sada imamo nekoliko ponuđenih rešenja.

4.1 Rešenja koja koriste kartice

Pokušaji mobilnog plaćanja u prvo vreme obuhvatili su standardne bankarske kreditne i debitne kartice u integraciji sa mobilnim telefonom. Postupak plaćanja je bio sledeći. Korisnici su pomoću telefona ili Interneta naručivali proizvode, preko svog mobilnog telefona primali su SMS poruku o uspešnoj narudžbini, a zatim su kompletirali transakciju tako što su ubacivali karticu u čitač i unosili šifru. Ovakva vrsta plaćanja nas dovodi do uverenja, da su ovi uređaji korisniji od običnih mobilnih telefona. Međutim, kompanije bi morale da ponude integrisano rešenje mobilnih uređaja i čitača kartica. Prednost je naravno stepen sigurnosti koji je u ovom slučaju izuzetno visok i vezan za čitača kartica.

4.2 Rešenja koja ne koriste kartice

Kompanije takođe nude usluge mobilnog plaćanja za koje nije potrebna upotreba smart kartica. Korisnici obavljaju transakcije tako što unose poseban broj koji se odnosi, na recimo, parking servis ili bilo kojeg drugog pružaoca usluga. Operater mobilne telefonije u ovom slučaju igra ulogu i klirinške kuće, on kreditira korisnikov unapred određen račun. Ovakve aplikacije plaćanja bez upotrebe kreditnih kartica su veoma privlačne za korisnike pošto omogućavaju klijentima i trgovcima da obavljaju transakcije upotrebom postojeće infrastrukture. Nema nikakve potrebe da pojedinac kupuje posebne uređaje ili da kompanije ulažu dodatne investicije u svoju opremu. Najvažniji nedostatak ovakvog oblika plaćanja je sigurnost. Postojeće rešenje se oslanja na sigurnost GSM mreže koja sama po sebi nije dovoljna da spreči zloupotrebe prilikom transakcija.

4.3 Bluetooth rešenja plaćanja

Bluetooth tehnologija omogućava uređajima da na malim razdaljinama komuniciraju pomoću brzih radio signala. Takođe, može da odigra važnu ulogu u sistemima mobilnog plaćanja. Pomoću *bluetooth* tehnologije korisnici mogu da obavljaju različite vrste mikro plaćanja, tako što će svoj mobilni telefon primiti uređaju za plaćanje i tako obaviti transakciju.

4.4 Mobilni keš

Mobilni keš predstavlja način punjenja mobilnih telefona "kešom" najčešće pomoću smart kartica. Koncept je još uvek u eksperimentalnoj fazi i još uvek nema jedinstvenog procesa koji bi se nametnuo kao standard u ovoj oblasti.

5. M-KOMERC-SIGURNOST

Sigurnost je jedan od najvažnijih zahteva mobilnog biznisa. Na primer kod finansijskih trans-

akcija korisnici imaju malo poverenja u bezbednost aplikacija. Mogućnosti za presretanje poruke a samim tim i njeno neovlašćeno korišćenje na ovom modelu su brojne. Mesta za presretanje su komunikacija između gateway-a i web servera i između gatewaya i WAP telefona. Načini na koji se treća lica mogu uključiti u komunikaciju su:

Prisluškivanje (*eavesdropping*). Podaci ostaju netaknuti, ali je povređena privatnost pošiljaoca odnosno primaoca. Npr. neko može saznati tudi broj kreditne kartice.

Neovlašteno menjanje (*tampering*). Podaci se promene delimično ili u potpunosti, a zatim se šalju predviđenom primaocu. Npr. neko može promeniti nečiju porudžbinu robe ili promeniti sadržaj elektronske pošte.

Imitiranje (*impersonation*). Podaci se preusmeruju osobi koja imitira predviđenog primaoca. Imitiranje se može javiti u dva oblika:

- **Prevara** (*spoofing*). Osoba se može pretvarati da je neko drugi. Npr. osoba se može identifikovati tako da koristi tudi mail.

- **Lažno predstavljanje** (*misrepresentation*). Osoba ili organizacija se mogu predstaviti kao neko ili nešto što u stvarnosti nisu. Npr. www.prodaja.co.yu se može predstaviti i izgledati kao da je on-line prodavaonica, a zapravo jedino što radi je uzimanje brojeva kreditnih kartica, a nikada ne dostavlja robu.

Efikasan, za sada standardni način zaštite podataka na Internetu je primena tehnike **sastav javnih ključeva (PKI)** zasnovan na kriptografiji javnog ključa koja ostvaruje sledeće zadatke:

- **Šifrovanje i dešifrovanje** (*encryption and decryption*) dozvoljavaju dvoma učesnicima u komunikaciji da sakriju sadržaj koji šalju jedan drugome. Pošiljalac šifruje podatke pre nego ih pošalje, dok ih primalac dešifruje nakon što ih primi. Dok podaci putuju kroz mrežu nerazumljivi su potencijalnom slušaocu (osobi koja ima pristup posredničkom računaru),

- **Detekcija neovlašćenog pristupa** (*tamper detection*) omogućuje primaocu da proveri jesu li podaci prilikom svog puta kroz mrežu bili

promenjeni. Svaki pokušaj promene sadržaja ili zamene novim biće otkriven,

- **Provera verodostojnosti** (*authentication*) dozvoljava primaocu podataka da proveri verodostojnost njihovog izvora, odnosno da potvrdi identitet pošiljaoca,

- **Sprečavanje nepriznavanja** (*nonrepudiation*) onemogućuje pošiljaoca podataka da kasnije tvrdi kako te podatke nije poslao.

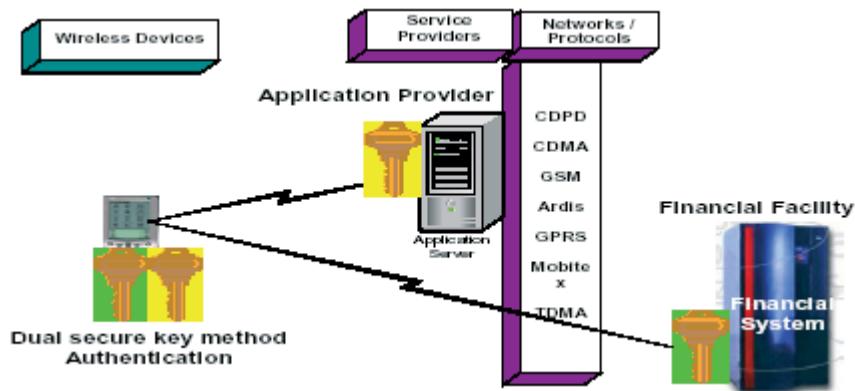
Naravno tu postoji i treći element (osim ova dva ključa), a to je digitalni sertifikat koji je potpisani od treće strane koja je autorizovana za izdavanje sertifikata. Primer jedne transakcije baziran na PKI tehnologiji (slika 3.):

Pošiljalac kriptuje svoje poverljive podatke pomoću javnog ključa primalaca. Bitna napomena je da se tajni ključ nikad ne prenosi putem Interneta za vreme transakcije.

Primalac poruke koristi svoj tajni ključ koji mu omogućuje da pročita kriptovanu poruku. Poruka može sadržati finansijska uputstva ili druge poverljive informacije.

Ukoliko neko presretne poruku, on neće moći da je pročita pošto se ona može dekriptovati samo pomoću tajnog ključa koji se nalazi kod primaoca. Taj mehanizam za sada predstavlja sistem sigurnog prenosa podataka (slika 4.)

Da bi se osigurali da poruka neće biti menjana u toku prenosa ona može da se „**digitalno potpiše**“. *Digitalan potpis* osigurava da podaci nisu menjani u toku prenosa pošto je on vezan za podatke i svaka promena na njima bi se otkrila. Ovakav metod zaštite drastično smanjuje mogućnosti za hakerske upade i povredu sigurnosti transakcije. Enkripcija, ustvari, predstavlja „trgovinu“ između bezbednosti i brzine izvršavanja transakcija. Brzina kriptovanja zavisi od mobilnog uređaja, uobičajeno je da se vrši sa 32-bitnim procesorima.

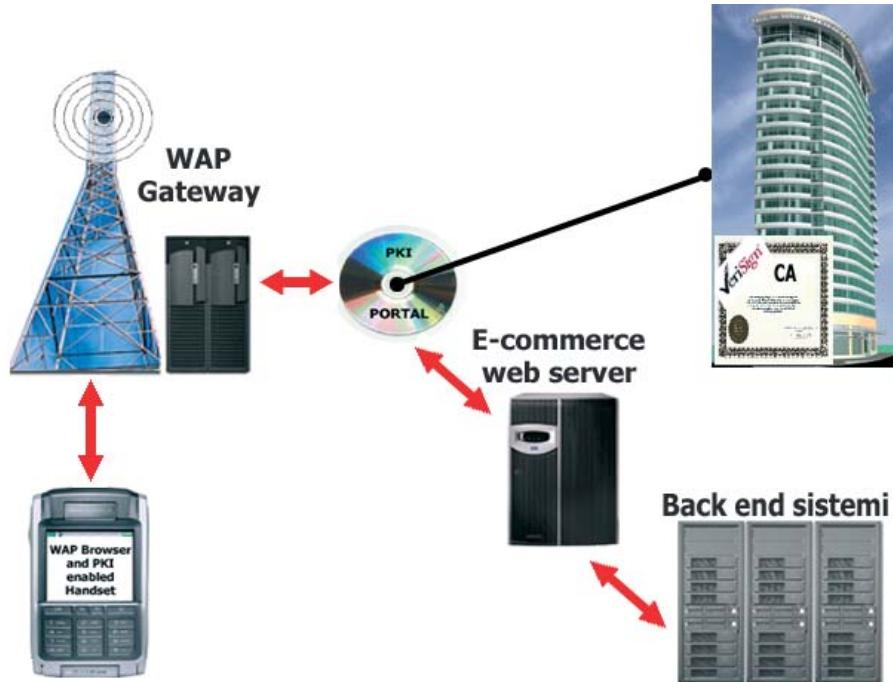


Slika 3.: Sistem zaštite pomoću šifriranja

6. M-COMMERCE –SCG

Razvoj telekomunikacionih sistema u našoj zemlji nije na zadovoljavajućem nivou. Tržište mobilne telefonije je relativno siromašno i nepravilno fragmentirano. Dok većina svetskih operatora mobilne telefonije najveće prihode ostvaruje od omladine starosti do 18 godina, studenata i zaposlenih do 30 godina starosti, u našoj zemlji najveće prihode generišu zaposleni starosti od 30 do 50 godina i pravna lica (firme). Takođe, iako domaći provajderi mobilne telefonije, ukazuju na niske ARPU (Average Revenue per User) koefici-

jenta, jasno je da domaće tržište može prihvatiti jednog možda i dva nova operatora, koji bi dobili licence u skladu sa budućom zakonskom regulativom. Potrebno je da se definije prava strategija i da se stvore prava partnerstva koja će voditi uspehu u *m-Commerce*-u. U mnogim tržištima, kao i onim na Internetu, u ranoj fazi nisu postojali standardni proizvodi i kompanije su morale da ih razvijaju interno, i kao takve ih predstavljaju tržištu. Sve ove kompanije su paralelno sa svojim aplikacijama i servisima, razvijale i iskustvo i navike korisnika. Na tržištima brojnih Internet servisa, pioniri su uspeli da i do danas zadrže



Sl. 4. : Sistem sigurnog prenosa podataka

lidersku poziciju. Primeri su brojni, a među najpoznatijim su Yahoo, Amazon.com, AOL. Velika je verovatnoća da će se ovaj scenario ponoviti i sa *m-Commerce* servisima. Nema razloga da ne verujemo da će tako biti i u našoj zemlji.

Već sada postoje brojni načini za razvoj *m-Commerce* servisa. Kao jedan od najvažnijih i najpristupačnijih, nameće se WAP tehnologija. Ipak operatori mobilne telefonije i Internet provajderi u SCG su prosto prešli preko ove tehnologije, tako da se na prste mogu izbrojati oni koji nude podršku WAP aplikacijama.

Mobilni operatori imaju mogućnost i razvoja prelaznih rešenja u *m-Commerce* segmentu. Jedno od takvih rešenja su bankarski sistemi za transakciono povezivanje mobilnih telefona i POS terminala. S obzirom da u našoj zemlji već postoje POS sistemi, moguća je nadogradnja za primenu u ovim specifičnim aplikacijama. Iskustva sa ovakvim *m-Commerce* rešenjima u svetu su vrlo pozitivna, jer su na taj način otklonjeni i problemi sigurnosti i privatnosti korisnika, uz jednostavnost i brzinu usluga.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu razmatrano je na koji način Internet može da se iskoristi u *m-commerce* svrhe. Sledi zaključak da mobilni internet predstavlja jedan od najefikasnijih načina za uspostavljanje čvrstih veza sa korisnicima i povećanje prihoda kompanijama. Za turbulentno okruženje kakvo danas postoji u mobilnom svetu potpuni je izazov uspostavljanje prave strategije. Aplikacije za mobilni biznis moraju biti kompatibilne sa standardnim aplikacijama koje koriste neke finansijske institucije ili kompanije u svom postojećem informacionom sistemu. Mobilna tehnologija je uhvatila zamah i nastavlja sa svojim razvojem i rastom postajući pristupačnija, sve moćnija i funkcionalnija.

S obzirom da je u našoj zemlji i elektronska trgovina u povoju, najverovatnije je da će i razvoj

m-Commerce tržišta i usluga kasniti u odnosu na druge zemlje. Što se tiče odnosa broja korisnika računara i mobilnih telefona u našoj zemlji je oko 1:10, što može biti motiv da se *m-Commerce* segmentu elektronske trgovine posveti posebna pažnja.

Vreme i tehnologija ne čekaju nikog. Ako se želi ostati u bespoštедnoj trci u konkurenčkom okruženju, sve kompanije i finansijske institucije moraju da prepozna jedinstvene kvalitete i potencijale mobilnih aplikacija, odluče kako da ih integriraju u svoje informacione sisteme i ostvare sopstvena mobilna rešenja. Samo se tako opstaje na tržištu i stvara preduslov za liderstvo.

RESUME Mobile E-Commerce

Mobile users will increasingly demand access to Mobile Commerce Service. Therefore existing technologies have to be investigated if they can be adapted to the mobile environment. This paper presents an overview on the state of the art of *m-commerce* as phenomenon of today. It is introduced as a general concept covering any business transaction executed electronical between at least two parties whereas at least one of these parties is mobile. Being mobile implies that the mobile party uses wireless transmission medium at least on the first link for the communication with the other partie. *M-commerce* services should to be able to integrate different types of information and manage to secure the speed security and privacy of the transactions.

BIBLIOGRAFIJA

1. Mobilicity White Paper, *Understanding the Fundamentals of m-Commerce*, 2000.
2. Logica White Paper, *Mobile Banking : The future is on the move*, London, 2001.
3. W. W. Jeang : *M-Commerce : E-commerce With a Twist*, Low.com, 2001.

4. Durlacher Research White Paper, *Mobile Commerce Report*, London, 2000.
5. E. Jensen, M-Payments Meet Point-of Sale, *M-Business Magazine*, 2001.
6. Mr Trninić Damir, *Bluetooth tehnologija*, poslediplomske studije, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1998.
7. Quentin Mendoza, Staff Writer, *This season for m-commerce*, Anywhereyougo.com 2000.
8. Risto Pertunen, McKinsey & Co. , *Global wireless m-commerce practice leader*, 2004.
9. Nikki Swartz, **Hot & Cold M-Commerce Opportunities**, Wireless Review **TelecomClick, Mar 19 2001**.
10. Chris Goldman, Staff Writer, **The M-Commerce Horizont** ,Wireless Review, **Jul 1, 2000**.
 - . *Mobilo Financilal Servises*, Mobilo City. net 2000
 - . Iyotsna Mishra, Grant Gustafson,*Mobile Commerce- Strategic Implications for Banks*, Artur D Little 2001
 - . www.wapforum.org
 - . Rod Ghani, *The Future of WirelessBanking*, IBM Global Servises 2001
 - . Quentin Mendoza, Staff Writer, *This season for m-commerce*, Anywhereyougo.com 2000

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

902/904

ARHEOLOGIJA i prirodne nauke =
Archaeology and Science / glavni i odgovorni
urednik Miomir Korać. - 2006, No. 2- . -
Beograd : Centar za nove tehnologije :
Arheološki institut, 2006- (Beograd :
DigitalArt). - 28 cm

ISSN 1452-7448 = Arheologija i prirodne
nauke
COBISS.SR-ID 136747788