

broj 16 / januar 2022



www.gredef.com

business to
BUSINESS
magazine

gredef.


GRAĐEVINARSTVO & ENERGETSKA EFIKASNOST

GRAĐEVINA / ENERGETSKA EFIKASNOST / ARHITEKTURA / ENTERIJER / MATERIJALI



Inspirisani svetom
bez granica ne
prestajemo da
idemo napred

 / gradjevinski_casopisi

 / gredef

SAVREMENA NAUKA OTKRIVA TAJNE RIMSKOG GRADITELJSTVA

Autori teksta:



Tim Laboratorije za ispitivanje materijala u kulturnom nasleđu,
Tehnološki fakultet Novi Sad

ARHEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NALAZIŠTA DUNAVSKOG LIMESA NA TERITORIJI DANAŠNJE SRBIJE SPROVODE SE VEĆ VIŠE OD 130 GODINA I DO SADA JE ISTRAŽEN VELIKI BROJ LOKALITETA. ISKOPAVANJA NEKIH OD NJIH, POPUT VIMINACIJUMA, ZAPOČETA SU JOŠ KRAJEM 19. VEKA, DOK SU UTVRĐENJA U ĐERDAPSKOJ KLISURI ISTRAŽENA PRILIKOM IZGRADNJE HIDROELEKTRANA ĐERDAP I I II

Broj rimskih imperatora koji su rođeni ili su neki deo svog života proveli na teritoriji današnje Srbije je iznenađujuće veliki. To slikovito upućuje na značaj našeg regiona za **Rimsko carstvo**, ali možda i razloge zbog kojih mi danas imamo privilegiju da baštinimo veoma bogato antičko nasleđe u koje spadaju i izuzetno značajni carski spomenici kao što je **Felix Romuliana** u Gamzigradu, mesto na Uneskovoj Listi svetskog nasleđa **Ostaci utvrđene granice Rimskog carstva - Limesa**, u dužini od preko 7.500 km protežu se kroz više od dvadeset savremenih zemalja Evrope, Afrike i Azije.

Na Dunavu je moćno **Rimsko carstvo** ustanovilo svoju granicu duž koje danas u Srbiji postoje značajna arheološka nalazišta i dragoceni spomenici kulture kao što su utvrđenja **Lederata, Diana i Pontes sa Trajanovim mostom**, grad i legijski logor **Viminacijum**, kasnorimska grobnica u **Brestoviku** kao i brojni drugi lokaliteti. Arheološka istraživanja nalazišta Dunavskog limesa na teritoriji današnje Srbije sprovode se već više od 130 godina i do sada je istražen veliki broj lokaliteta. Iskopavanja nekih od njih, poput Viminacijuma, započeta su još krajem 19. veka, dok su utvrđenja u **Đerdapskoj klisuri** istražena prilikom izgradnje hidroelektrana Đerdap I i II.

Međutim, do danas nije sprovedeno detaljno istraživanje eksploatacije i tehnologije izrade materijala upotrebljenih za građenje njihovih vojnih i civilnih građevina.

Arheološka istraživanja građevina mogu značajno doprineti otkrivanju načina života, putnih i trgovinskih pravaca, razmene dobara i sirovina, kao i svakodnevnih navika ljudi koji su istorijske građevine stvarali i koristili.

Slika 1 – Tim projekta MoDeCo2000 ispred kasnorimske grobnice u Brestoviku kraj Beograda, s leva na desno: doc. dr Snežana Vučelić, Ljiljana Miličić, prof. dr. Jonjaua Ranogajec, dr. Emilija Nikolić, rukovodilac projekta, Ivana Delić-Nikolić i dr. Mladen Jovičić



Sa druge strane, kada se rezultati ovih istraživanja spoje sa arhitektonskim analizama građevina i podacima dobijenim, geološkim, hemijskim i tehnološkim ispitivanjima materijala upotrebljenih za izgradnju objekata, pored otkrivanja njihovog sastava i tehnologije izrade, moguće je otkriti i različite podatke o eksploataciji sirovina, ali i one koji se odnose na zidare i investitore, otkrivajući nam tehnike građenja i navike ljudi antičkog doba.

Pored navedenog, ovakvi podaci su od neprocenjive važnosti i za postupke konzervacije, odnosno razvoj ili odabir adekvatnih kompatibilnih materijala koji će biti upotrebljeni u budućim intervencijama kako bi se omogućilo očuvanje vrednih materijalnih svedočanstava prošlosti za generacije koje dolaze.

Jedan od najvećih izazova za naučnike i konzervatore koji se bave materijalima je ispitivanje i iščitavanje istorije maltera.

Razlog za to leži u činjenici da su malteri pripremani uglavnom od lokalnih sirovina, ali i po različitim recepturama koje su danas nepoznate, zbog čega je i u svetskim okvirima tehnologija rimskih maltera stalno aktuelna tema.

MULTIDISCIPLINARNI TIM ANGAŽOVAN JE NA UPARIVANJU ISTORIJSKIH PODATAKA, REZULTATA ARHEOLOŠKIH I ARHITEKTONSKIH ISTRAŽIVANJA I LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA UZORAKA MALTERA I LOKALNIH SIROVINA U SVRHU OTKRIVANJA TEHNOLOGIJE IZRADA RIMSKIH MALTERA

U Srbiji za sada postoji samo mali broj istraživanja na ovu temu i upravo iz tog razloga je izazov otkrivanja tajni rimskih maltera objekata na Dunavskom limesu u Srbiji, koji se trenutno nalazi na preliminarnoj listi Uneska, zainteresovao istraživački tim sa tri naučne institucije: **Arheološkog instituta, Tehnološkog fakulteta Novi Sad i Instituta za ispitivanje materijala.**

Tim koji čini šest istraživača okupljen je oko naučnog projekta **Dizajn maltera za konzervaciju – Granica Rimskog carstva na Dunavu 2000 godina kasnije – MoDeCo2000 (Mortar Design for Conservation – Danube Roman Frontier 2000 Years After)**, koji finansira Fond za nauku Republike Srbije u okviru Programa za izvrsne projekte mladih istraživača (PROMIS).

Ovaj multidisciplinarni tim angažovan je na uparivanju istorijskih podataka, rezultata arheoloških i arhitektonskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja uzoraka maltera i lokalnih sirovina u svrhu otkrivanja tehnologije izrade rimskih maltera i unapređenja saznanja o veštinama i dostignućima antičkih graditelja na teritoriji današnje Srbije, ali sa konačnim ciljem razvoja budućih kompatibilnih maltera za konzervaciju antičkog nasleđa.

Projekat **MoDeCo2000** započeo je u julu 2020. godine sveobuhvatnim istraživanjem dostupnih podataka o prethodnim arheološkim iskopavanjima, građevinskim sirovinama, materijalima i tehnologijama upotrebljavanim u vremenu rimske vladavine na ovim prostorima. Sledeći korak je bio obilazak svih dostupnih lokaliteta **Dunavskog limesa**, ukupno njih 23, koji datiraju iz perioda od I do VI veka.

Prikupljeno je više od 100 uzoraka rimskih maltera, ali i opeka i stenskog materijala. Svi uzorci su detaljno dokumentovani, uključujući terensko i laboratorijsko fotografisanje, kao i precizno mapiranje mesta uzorkovanja. Uzorci su potom vizuelno i mikroskopski međusobno upoređeni, hronološki i prema pripadnosti određenoj građevini ili lokalitetu, nakon čega su urađene osnovne laboratorijske analize, kako bi se dobile informacije neophodne za dalju selekciju uzoraka od kojih se očekivalo da daju najvrednije naučne podatke, a u cilju njihovog opsežnijeg istraživanja. Selektovani uzorci su nadalje ispitivani u laboratorijama Tehnološkog fakulteta i Instituta za ispitivanje materijala primenom različitih naučnih metoda.

TOKOM OVIH ISPITIVANJA, TIM PROJEKTA DOŠAO JE DO VEOMA INTERESANTNIH PRETPOSTAVKI KOJI SE ODOSE NA TEHNOLOGIJU IZRADA ISPITANIH UZORAKA MALTERA, DOK SU SE POJEDINI UZORCI IZDVOJILI SVOJOM OČUVANOŠĆU I RAZLIČITIM KARAKTERISTIKAMA JOŠ TOKOM SAMOG UZORKOVANJA

Slika 2 – Uzorkovanje maltera utvrđenja Lederata



Ispitan je sastav kompaktnih uzoraka (Raman spektroskopija, FTIR, XRD i XRF analize), izvršeno je hemijsko odvajanje veziva i agregata uz ispitivanje njihovog sastava, urađene su mineraloško-petrografske analize uzorkovanog materijala, mikroskopska ispitivanja (optička i elektronska mikroskopija), kao i ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika upotrebom više metoda.

Tokom ovih ispitivanja, tim projekta došao je do veoma interesantnih pretpostavki koji se odnose na tehnologiju izrade ispitanih uzoraka maltera, dok su se pojedini uzorci izdvojili svojom očuvanošću i različitim karakteristikama još tokom samog uzorkovanja. Jedan od maltera izuzetnih mehaničkih karakteristika, a istovremeno male specifične težine, potiče iz ostataka **Trajanovog mosta** u selu Kostol kod Kladova, koji je sagrađen početkom II veka nove ere.

Tim projekta i dalje radi na potrazi za „tajnim sastojkom“ koji su Rimljani upotrebili tokom zidanja ovog mosta.

Razvoj konzervatorskih *maltera*

Za sada je utvrđeno da su uzorci iz svake građevine specifični sami po sebi, što ne iznenađuje jer je poznato da su antički graditelji eksperimentirali sa različitim materijalima kako bi dobili što otporniji malter, o čemu svedoče i stari zapisi u kojima se može naći da su pored uobičajenih neorganskih sastojaka, odnosno kreča, peska, stena ili opeka, koristili i sirovine organskog porekla, kao što su jaja, mleko, ulje ili životinjska krv.

Budući da je Trajanov most bio jedan od kapitalnih carskih projekata koji je projektovao Apolodor iz Damaska, jedan od najvećih arhitekata antike, postoji pretpostavka da je „tajni sastojak“ specijalno za tu priliku dopremljen čak sa Apeninskog poluostrva.

Dakle, rezultati ovih holističkih naučnih ispitivanja će biti više nego dragoceni jer će pružiti nova saznanja o materijalima koji su na našim prostorima korišćeni za monumentalne građevine koje i danas postoje, posle skoro 2000 godina.

Iako je **MoDeCo2000** u svojoj suštini naučni projekat, njegova praktičnost koja se ogleda u razvoju maltera za buduće postupke konzervacije spomenika je možda njegova najveća vrednost, što predstavlja poseban izazov timu koji na njemu radi. Razvoj konzervatorskih maltera podrazumeva da se, na osnovu podataka dobijenih iz naučnih istraživanja, projektuju sistemi koji će po svojim karakteristikama biti „stariji od postojećih starih maltera“.

Da bi se to postiglo novi kompatibilni malteri treba da poseduju za nijansu slabije mehaničke karakteristike od originalnih uzoraka, veću poroznost i paropropustljivost, kako bi se kretanje vlage, soli i ostalih uzroka degradacije odigravalo nesmetano od slojeva starih ka novim malterima. U cilju razvijanja optimalnih maltera za konzervaciju, tim projekta je dizajnirao preko 100 receptura i na osnovu njih u laboratorijskim uslovima pripremio modele maltera na bazi kreča i lokalno dostupnih sirovina.

JEDAN OD MALTERA IZUZETNIH MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA, A ISTOVREMENO MALE SPECIFIČNE TEŽINE, POTIČE IZ OSTATAKA TRAJANOVOG MOSTA U SELU KOSTOL KOD KLADOVA, KOJI JE SAGRAĐEN POČETKOM II VEKA NOVE ERE. TIM PROJEKTA I DALJE RADI NA POTRAZI ZA „TAJNIM SASTOJKOM“ KOJI SU RIMLJANI UPOTREBILI TOKOM ZIDANJA OVOG MOSTA



Slika 3 –Trajanov most

Razvoj nauke o *konzervaciji*

Ovi modeli su zatim ostareni u laboratorijskoj komori za forsirano veštačko starenje u kojoj je moguće simulirati uslove realne sredine i podešavati parametre vlažnosti, Sunčevog zračenja, prisustva rastvorljivih soli i izduvnih gasova.

Nakon veštačkog starenja, modeli maltera za konzervaciju su ispitani istim metodama kao i originalni uzorci. Oni modeli koji su zadovoljili kriterijume kompatibilnosti su dalje starili u realnim uslovima. Pored ovih laboratorijskih ispitivanja, uzorci koji su najviše obećavali su primenjeni na eksperimentalnim zidanim strukturama, ali na i test površinama autentičnih istorijskih spomenika u realnim uslovima.

Slika 4 – Modeli maltera u komori za starenje Laboratorije za ispitivanje materijala u kulturnom nasleđu, Tehnološkog fakulteta Novi Sad



Slika 5 – Modeli maltera na eksperimentalnom zidu, Viminacijum

Njihove karakteristike se i dalje ispituju in situ, pomoću instrumenata mobilne Laboratorije za ispitivanje materijala u kulturnom nasleđu, Tehnološkog fakulteta Novi Sad.

Pored otkrivanja bogatih istorijskih i arheoloških podataka o životu, navikama, ali i stepenu tehnološke razvijenosti i zanatske stručnosti ljudi u periodu dominacije Rimskog carstva na teritoriji Srbije, tim projekta se nada da će opisana istraživanja imati značajan uticaj i na razvoj nauke o konzervaciji u našoj zemlji, odnosno na prepoznavanje njenog značaja za očuvanje ne samo rimskog, već i celokupnog arheološkog, a zatim i arhitektonskog nasleđa na teritoriji Srbije.

Tradicionalna znanja i veštine

Slika 6 – In situ ispitivanje konzervatorskih maltera – Viminacijum



Ta tradicionalna znanja veštih antičkih graditelja mogu postati inspiracija i oblikovati potragu savremenog čoveka za održivim i neškodljivim zelenim materijalima za moderne poslovne i stambene objekte, kombinujući antičku mudrost sa kapacitetom za inovacije zasnovanom na novim tehnologijama i poslednjim dostignućima nauke.

Razvoj kompatibilnih maltera za konzervaciju, kako samih receptura maltera tako i u budućnosti planirane široko dostupne metodologije kako se do ovih receptura dolazi, pored naučnog ima i važnu praktičnu ulogu.

Ovo je od posebnog značaja s obzirom na to da nauka dobija pravi smisao jedino ako je dostupna i primenljiva, a društvo ima koristi od nje. U tom smislu, tim projekta veruje da će otkrivanjem tajni rimskog graditeljstva, posebno uzroka trajnosti i izuzetnih mehaničkih karakteristika pojedinih očuvanih maltera istraživanih spomenika Dunavskog limesa u Srbiji, moći da nam pruži zanimljive uvide u danas zaboravljena istorijska znanja i veštine.



Slika 7 – In situ ispitivanje konzervatorskih maltera grobnica Brestovik



Gradimo bolji svet

Biznis ne zna za granice. Investiramo od Alpa do Crnog mora.
U novim gradovima podižemo prestižne objekte i otvaramo nova radna mesta.
Stvaramo biznis, stvaramo bolji svet.



CROWNE PLAZA BELGRADE • INTERCONTINENTAL HOTEL LJUBLJANA
DELTA PLANET BANJALUKA • DELTA PLANET VARNA • DELTA PLANET NIŠ
SAVA CENTAR • INDIGO HOTEL • DELTA HOUSE

DELTA HOLDING
Creating Business

deltaholding.rs



DELTA REAL ESTATE
Building Business

deltarealestate.rs

