



# TAJNE ŽELJEZA

GALERIJA KOPRIVNICA  
19. 6. - 19. 7. 2020.



# TAJNE ŽELJEZA

Galerija Koprivnica

19. 6. – 19. 7. 2020.



Sl. 1. Sezonsko plavljenje Podravine, okolica Herešina, ožujak 2016. godine (snimio: I. Valent)

# TRANSFER - ARHEOLOGIJA METALURGIJE ŽELJEZA UZ RIJEKU DRAVU

Željezo kao materijal kojim su naši preci kroz više arheoloških i povijesnih razdoblja oblikovali predmete korištene u svojoj svakodnevici oduvijek je plijenilo pozornost, kako stručne i znanstvene javnosti, tako i šire publike ne samo na našim prostorima, već na čitavom Europskom kontinentu. Proces dobivanja željeza iz željezne rude koja se nalazi u prirodi zahtjevan je postupak koji je podrazumijevao dobro poznavanje čitavog procesa, od pronalaska i prikupljanja kvalitetne rude u prirodi, preko izgradnje talioničkih peći koje su mogle biti različitog oblika, pa sve do samog procesa taljenja u kojem se na visokim temperaturama ekstrahirao poluproizvod (spužvasto željezo, eng. *iron bloom*). Sam proces nije završavao na ovom stupnju jer se u dobivenom poluproizvodu nalazilo još dosta nečistoća koje su se u daljnjem postupku primarnog kovanja izdvojile te je tek takav proizvod bio pogodan za obradu i oblikovanje predmeta od strane majstora-kovača. Čitav taj proces zahtijevao je dobro poznavanje svih etapa rada, znanje koje se zasigurno prenosilo s generacije na generaciju, a ponekad je skrivalo i neke tajne koje su znali samo iskusni majstori-talioničari.

„Tajne željeza“, u svojoj meandrima prošaranom ravnicu rijeke Drave, skrivao je od pogleda znatiželjnika i podravski prostor. Tek su poneki sporadični površinski nalazi keramičkih sapnica i komada talioničke zgure pronađeni prije tridesetak godina na lokaliteta Hlebina – Velike Hlebina od strane Miralema Alečkovića (pok.), arheologa-amatera i mještana Hlebina, ukazivali da se obrada željezne rude odvijala i na ovim prostorima (Sekelj Ivančan 2001: 22, 101-102, Map 12, Fig. 48, 49). Ovi inicijalni nalazi potakli su istraživače na promišljanje o podrijetlu sirovine, u ovom slučaju prirodne željezne rude, budući da odvijanje određene gospodarske djelatnosti nije moguće bez pojedinih neophodnih resursa, a podravski se prostor do tada u stručnoj literaturi nije spominjao u kontekstu željezne rude (Marković 2002). To je bilo još izazovnije u trenutku kada su na lokalitetu Virje – Volaski breg tijekom 2007. godine provedeni poljoprivredni radovi težim strojevima i dubljim oranjem, kojom prigodom su na površinu dospjeli veći komadi zapečenih stijenci peći i talioničke zgure te cjelovite keramičke sapnice (Sekelj Ivančan 2007). Na dojavu Ivana Zvijerca iz Torčeca, zaljubljenika u starine, ekipa Instituta za arheologiju izašla je na teren te potom u proljeće 2008. godine organizirala hitna zaštitna arheološka iskopavanja (Sekelj Ivančan 2009). Ta su istraživanja, u kojima su pronađene rano-srednjovjekovne *in situ* talioničke peći u paru (Sl. 2), okrugle jame sa zapečenim dnom i druge radioničke tvorevine, potaknula daljnja promišljanja o prisutnosti ove gospodarske djelatnosti na području Podravine. Nakon trogodišnjih iskopavanja ovog položaja naše su se spoznaje proširile jer je ustanovljeno da se proizvodnja željeza ovdje odvijala i tijekom kasne antike (Sekelj Ivančan 2011; 2013). Slična je situacija bila i na obližnjim Sušinama gdje su novi indikativni površinski nalazi potakli nova arheološka iskopavanja organizirana 2012. godine. U tim je trogodišnjim istraživanjima pronađena velika količina talioničkog otpada iz kasne antike, ali i rano-srednjovjekovni ostaci koji su ukazivali na intenzivnu obradu željezne rude i željeza tijekom više arheoloških razdoblja i na ovom položaju u okolici Virja (Sekelj Ivančan 2013; 2014).



Sl. 2. Virje – Volaski breg, ostaci dviju najočuvanijih nasuprotnih talioničkih peći na istek tijekom istraživanja (snimila: T. Tkalčec)

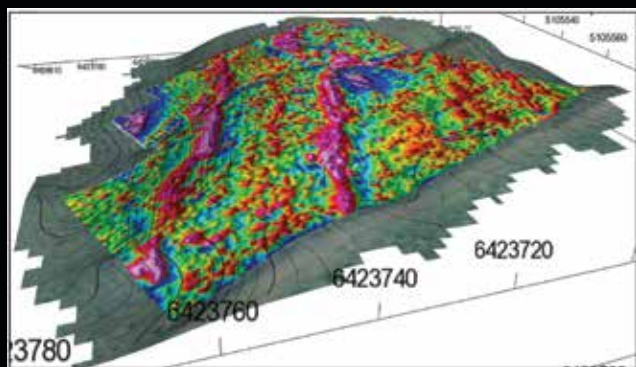
Provedena geofizička istraživanja, prvotno na Sušinama i potom na lokalitetu Hlebina – Velike Hlebina, omogućila su prepoznavanje pojedinih tvorevina i struktura ispod površine zemlje (Mušič et al. 2013: sl. 18; 2017: sl. 8). Tako su primjerice na Sušinama prepoznata mjesta talioničkog otpada (Sl. 3), dok je na Velikim Hlebinama locirana čitava talionička radionica sa svim svojim popratnim elementima (Sl. 4). Ta neinvazivna istraživanja potakla su ciljana arheološka iskopavanja odabranih pozicija koja su, naročito u slučaju cjelovite radionice na Velikim Hlebinama istražene tijekom 2016. i 2017. godine, dala iznimne rezultate (Sekelj Ivančan, Valent 2017; Sekelj Ivančan 2018a).

Prisutnost talioničkih peći na ova tri podravska arheološka lokaliteta, kao i rezultati svih do tada provedenih arheoloških istraživanja, potakli su prijavu i odobrenje interdisciplinarnog znanstveno-istraživačkog projekata "Proizvodnja željeza uz rijeku Dravu u antici i srednjem vijeku: stvaranje i transfer znanja, tehnologija i roba" (IP-06-2016-5047) na fondaciju Hrvatske zaklade za znanost. Projekt akronima TransFER provodi se od 2016. godine u suradnji više institucija i pojedinaca: Instituta za arheologiju kao nositelja (Tajana Sekelj Ivančan, Tatjana Tkalčec, Siniša Krznar, Katarina Botić, Tena Karavidović), Muzeja grada Koprivnice (Robert Čimin, Ivan Valent) i Muzeja grada Zagreba (Aleksandra Bugar) te Rudarsko-naftno-geološkog fakulteta (Sibila Borojević Šošarić, Stanko Ružičić, Tomislav Brenko) i Metalurškog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Ladislav Lazić) te kolega iz Slovenije (Branko Mušič, Metka Culiberg, Ivan Marija Hrovatin). Sam projekt ima tri osnovna cilja: 1. definirati podrijetlo željezne rude i potrebnih resursa (glina, voda, drvo); 2. definirati tehnologiju obrade željezne rude kroz razdoblja i intenzitet te proizvodnje; 3. definirati utjecaj proizvodnje željeza u kontekstu socio-kulturološkog okruženja i interakcija ljudi i roba (<http://transfer.iarh.hr>).

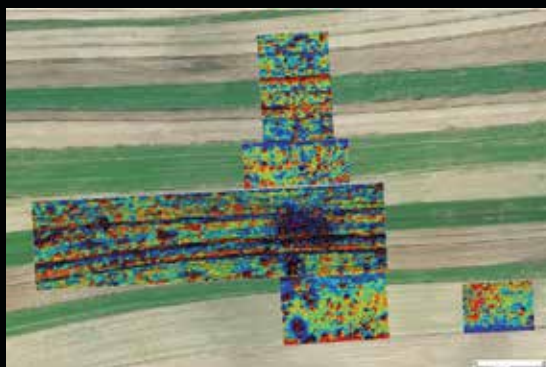
Kako bi se bolje upoznao čitav nizinski, središnji dio sliva rijeke Drave koji je obuhvaćen istraživanjima, bila su ključna preliminarna istraživanja putem terenskih rekognosciranja i reambulacije šireg područja, od ušća rijeke Mure u Dravu pa sve do Slatine. Za prepoznavanje indikativnih arheoloških lokaliteta na kojima se odvijala predindustrijska proizvodnja željeza znakoviti su površinski arheološki nalazi prikupljeni nakon poljoprivrednih radova (lomljena zgura, stijenke peći i sapnice), kao što je to bilo na lokalitetima u Virju i Hlebinama. U tim aktivnostima zabilježen je iznimno velik broj lokaliteta s istim površinskim nalazima što je ukazivalo da se ova gospodarska djelatnost odvijala na čitavom promatranom prostoru (Valent, ovdje). Na temelju tih rezultata i spoznaje o većem broju lokaliteta na kojima se odvijalo taljenje željezne rude, pitanje podrijetla sirovine još je više dolazilo do izražaja.

Sljedeći korak bio je uzorkovanje tla ručnim augerom na stotinjak položaja s ciljem prepoznavanja okoliša u kojem se formira željezna ruda močvarnog tipa koja je korištena kao sirovina na ovim prostorima. Provedene mineraloške i geokemijske analize ukazale su da se močvarna željezna ruda na ovom prostoru može pojavljivati u tri makromorfološka tipa koji se ujedno mogu smatrati i razvojnim stadijima močvarne željezne rude a to su: a) mekane zemljane nakupine željeza u tlu spužvaste teksture; b) tvrde konkrecije i nodularne forme te c) masivni uslojeni horizonti (Brenko et al. 2020). Svima njima pogoduje sličan krajolik: visoke podzemne vode i česta plavljenja rijeke Drave te njenih pritoka i meandara, kao i dulje zadržavanje površinskih voda na površinama, okružje kakvo je tijekom više stoljeća bilo prisutno na području Podravine (Karavidović, ovdje).

Arheološkim je istraživanjima pronađeno više različitih peći u Podravini. To je potaklo na razmišljanje o različitim tehnološkim rješenjima pri taljenju željezne rude u različitim razdobljima, odnosno o drugačijem postupku u obradi dobivenog poluproizvoda. Tehnološki proces taljenja mogao je biti proveden u jamskim pećima ili pećima na istek kakve su pronađene na lokalitetima Virje – Volaski breg i Sušine te Hlebine – Velike Hlebine, dok nam o daljnjoj obradi dobivenog poluproizvoda rječitije govore peći s lokaliteta Hlebine – Dedanovice (Sekelj Ivančan 2019a) (Sl. 5). O povezanosti korištene željezne rude močvarnog tipa i poluproizvoda, odnosno gotovog predmeta, ukazuju provedene mineraloške i geokemijske analize (Karavidović, ovdje).



Sl. 3. Virje – Sušine, rezultati magnetometrije na digitalnom modelu reljefa s jasno prikazanim područjima iznimno jakih magnetskih anomalija koje označavaju talionički otpad (Mušič et al. 2013: sl. 18)



Sl. 4. Hlebine – Velike Hlebine, rezultati magnetometrije na aerofotografiji s jasno izraženim područjem iznimno jakih magnetskih anomalija pravokutna oblika - radionica (Mušič et al. 2017: sl. 8)



Sl. 5. Hlebine – Dedanovice, ostaci dviju nasuprotnih peći za primarno kovanje (snimila: T. Sekelj Ivančan)

Poradi boljeg razumijevanja samog talioničkog procesa i primarne obrade željeza, nekoliko je suradnika na projektu TransFER sudjelovalo na radionicama eksperimentalnog taljenja i kovanja u češkom Adamovu i mađarskoj Somogyfajzy (Sekelj Ivančan 2018b; 2018c; Valent 2018; Karavidović 2020), što nas je ohrabrilo u organiziranju vlastitih radionica u okviru manifestacije Renesansni festival u Koprivnici (Čimin, ovdje). Osim promidžbe rezultata arheoloških istraživanja na području Podravine i upoznavanja šire javnosti s načinima dobivanja i obrade željeza na ovim prostorima, radionice su bile i u funkciji eksperimentalne arheologije. Imitiranje pretpostavljenih radnji tijekom procesa taljenja i obrade željeza, a potom i imitiranje stratigrafskih istraživanja ostataka peći, poslužilo je boljem razumijevanju i tumačenju samog arheološkog zapisa.

Na kraja, ali ne manje važno, valja istaknuti da su na svim do sada istraženim arheološkim lokalitetima pronađeni ostaci stambenih objekata i drugih naseobinskih struktura koji su pratili i podupirali ovu proizvodnu djelatnost (Valent, ovdje). Tipološko-kronološka analiza pronađenih nepokretnih i pokretnih naseobinskih nalaza potkrijepljena radiokarbonskim datiranjem, često istovremenih s tvorevinama povezanim s obradom željezne rude i željeza, poslužila je za preciznije vremensko opredjeljenje istraženih dijelova naselja i radionica. Prema sadašnjim spoznajama možemo tako pratiti kontinuitet ove gospodarske djelatnosti na području Podravine od 4. / 5. stoljeća (Virje – Sušine), preko 5. / 6. stoljeća (Virje – Volarski breg) i prve polovine 7. stoljeća (Hlebine – Velike Hlebine, Hlebine – Dedanovice) pa do 8. i 9. stoljeća (Virje – Volarski breg, Virje – Sušine) (Sekelj Ivančan 2017a; 2017b; 2019b; Sekelj Ivančan, Tkalčec 2018).

Nadamo se da smo izložbom „Tajne željeza“ posjetiteljima Muzeja dočarali sve postupke obrade željeza na području Podravine tijekom više arheoloških i povijesnih razdoblja te otkrili neke male i velike tajne koje se kriju iza svakog željeznog uporabnog predmeta korištenog u predindustrijsko doba na ovim prostorima. No, željezo zasigurno krije još pokoju tajnu koju nam tek predstoji otkriti u narednom razdoblju, u budućim, planiranim interdisciplinarnim istraživanjima.

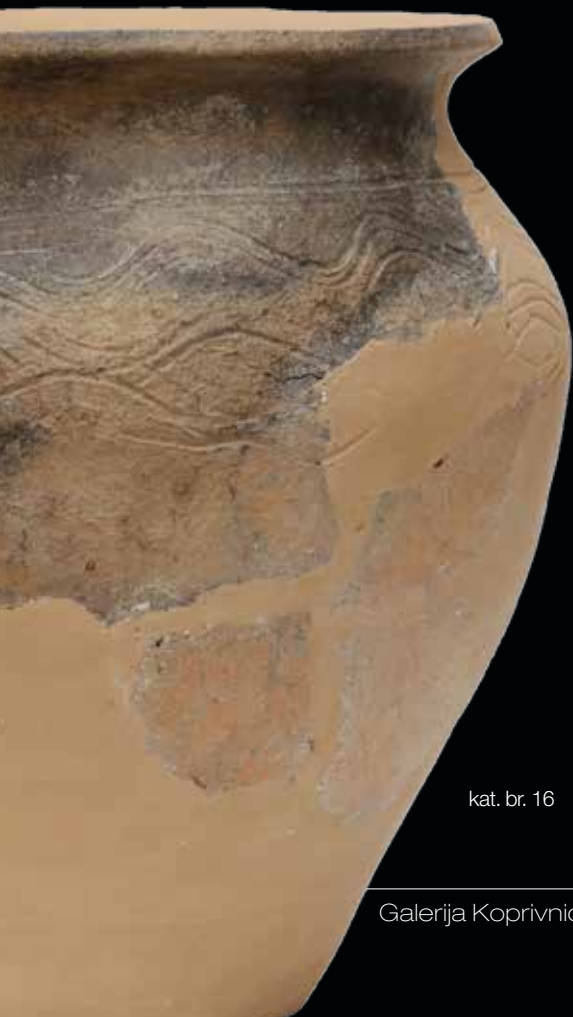
kat. br. 1



kat. br. 6



kat. br. 16



kat. br. 26



# SIROVINE, TOPOGRAFIJA, NASELJA

Zahvaljujući svojim geološkim, pedološkim i hidrografskim karakteristikama područje Podravine oduvijek je bilo povoljno mjesto za naseljavanje, o čemu svjedoči iznimno veliki broj arheoloških lokaliteta iz svih razdoblja. Ono što je u najvećoj mjeri oblikovalo prostor jest rijeka Drava koja je tijekom prošlosti svojim konstantnim meandriranjem plavila široke prostore i nanovo ih oblikovala, ostavljajući iza sebe plodno tlo. Uz nju, u oblikovanju prostora veliku su ulogu imali i brojni manji potoci, od kojih mnogi danas više nisu vidljivi u prostoru, ili su nam poznate tek naznake njihovih tokova.

Promatrajući položaje arheoloških lokaliteta na kojima su na području Podravine prepoznati tragovi talioničke djelatnosti u vidu lomljene talioničke zgre, stijenci peći te sapnica (Valent 2018; Valent et al. 2018; 2019) uočeno je da su oni smješteni na blagim, većinom pješćanim, uzvišenjima ili njihovima padinama pozicioniranima uz, ili u neposrednoj blizini, manjeg ili većeg vodotoka (Valent et al. 2017: 22). No, zašto je tome tako? Kako bi se proizveo komad spužvastog željeza (tzv. *bloom*) potrebno je pribaviti osnovne sirovine za sam proizvodni proces. Osnovna sirovina jest željezna ruda. Tijekom terenskih pregleda i reambulacije arheoloških lokaliteta na prostoru Podravine površinski tragovi, nakupine močvarne željezne rude zabilježeni su na više položaja (Valent et al. 2017: 21; Brenko et al. 2020), dok je jedino ležište rude, zasad, utvrđeno na položaju Hrastova greda kod Kalinovca (Sl. 6). Razlog tome može biti nemogućnost formiranja ležišta uslijed intenzivnih poljoprivrednih radova koji danas onemogućuju postojanje stabilnih i nepromjenjivih uvjeta potrebnih za formiranje močvarne željezne rude.

Idući bitan segment jest dostupnost gline potrebne za izgradnju peći. Ona se mogla prikupljati iz okoliša ili iz korita potoka, koja je mogla sadržavati i kvarcni pijesak čija je prisutnost u strukturi peći bila neophodna budući da ima svojstvo temperaturne otpornosti, tj. izdržava nagle promjene temperature. Da bi se glina mogla oblikovati, ponovno je u blizini potrebno imati izvor vode. Izvor vode također je neophodan i kako bi se prikupljena sirova ruda preliminarno očistila od nečistoća (jalovina). Idući segment u njenoj pripremi jest njeno sušenje i / ili prženje, kojim se iz rude izvlači vlaga (Karavidović 2020: 130), a za što je potrebna posljednja u nizu sirovina, a to je drvo.

Drvo je osim u svojoj sirovoj formi za procese prženja potrebno i u obliku drvenog ugljena koji se koristi tijekom talioničkog procesa. Analize komada ugljena prikupljenih iz zatvorenih arheoloških cjelina vezanih uz talioničku djelatnost utvrdile su kako je drvo hrasta, zbog svoje visoke kalorijske vrijednosti, ali i općenito visoke zastupljenosti unutar vodom bogatog prostora, bio najzastupljeniji tip drveta korištenog tijekom talioničkih (Sekelj Ivančan et al. 2019: 52, 65), ali i drugih svakodnevnih procesa (izgradnja nastambi, priprema hrane). Uz njega je korišteno i drvo jasena, brijesta, graba, javora, johe, topole i vrbe (Sekelj Ivančan 2017b: 117; 2019b: 9-10; Sekelj Ivančan et al.

Sl. 6. Komadi močvarne rude izorane iz ležišta na lokalitetu Kalinovac – Hrastova greda u proljeće 2020. godine (snimio: I. Valent)





2019: 52; Sekelj Ivančan, Valent 2021), a zanimljivost čini otisak lista johe u stijenci talioničke peći, nalaz koji nam govori u kojem je godišnjem dobu peć za taljenje izgrađena na lokalitetu Sušine. Dobiveni rezultati omogućili su rekonstrukciju jednog segmenta okoliša Podravine u razdoblju kasne antike i ranoga srednjega vijeka iz vremena kojega su istražene radionice i popratna naselja o kojima će u nastavku biti riječi.

Arheološki lokaliteti s tragovima metalurgije željeza

Jedno od najčešće postavljenih pitanja s kojima se arheolozi susreću jest „Kako znate da je to tamo?“, ili, „Na koji način prepoznajete arheološke lokalitete?“. Odgovor, koji najčešće iznenadi većinu znatiželjnika, glasi „Hodamo po poljima i tražimo ulomke keramike.“ Budući da su ulomci razlomljenih keramičkih posuda, zbog najveće zastupljenosti na arheološkom lokalitetu, najjasniji pokazatelj čovjekova obitavanja na određenom položaju, oni predstavljaju i najjednostavniji način ubiciranja i datiranja pojedinog lokaliteta. Nalazi zgure najjasniji su pokazatelj metalurških aktivnosti. S obzirom na fazu proizvodnog procesa tijekom kojeg ona nastaje prepoznajemo talioničku i kovačku zguru. No, ona sama nije dovoljna, kao ni popratni nalazi stijenka peći i keramičkih sapnica, kako bi se preliminarno odredilo vrijeme u kojem je ona nastala. U tom se kontekstu preliminarna datacija arheološkog lokaliteta ponovno oslanja na nalaze keramike koji se pronalaze u zajedničkom kontekstu.

Da bi odgovorili na pitanje u kojem su okvirnom vremenskom razdoblju funkcionirale peći za taljenje željezne rude na prostoru Podravine i koliko je lokaliteta na kojima pretpostavljamo talioničku djelatnost do sada poznato, na početku provedbe projekta TRANSFER (Sekelj Ivančan, ovdje) izrađena je baza podataka arheoloških lokaliteta s tragovima metalurgije željeza na prostoru Podravine (dalje: Baza). Za potrebe izrade Baze tijekom 2017. godine provedene su reambulacije arheoloških lokaliteta na kojima su i ranije prikupljeni komadi lomljene zgure te novi terenski pregledi. Rekognosciranja su se odvijala kroz tri faze s primjenom različitih metodoloških pristupa. U prvoj su fazi detaljnije obilaženi prostori oko poznatih arheoloških lokaliteta te neistraženi prostori za koje se, s obzirom na prirodne predispozicije okoliša, pretpostavljalo da su se na njima mogle odvijati metalurške aktivnosti (Valent 2018a; 2018b). Drugu fazu činili su terenski pregledi koji su provedeni na temelju indikativnih toponima iz kartografskih izvora koji su bili vezani uz rudu, taljenje, kovanje, proizvodnju ugljena i sl. (Valent et al. 2019: 11-16). Treća faza pregleda bila je orijentirana na daljinsku interpretaciju zračnih snimaka Podravine, tj. utvrđivanje mogu li se na temelju takvih izvora prepoznati aktivnosti vezane uz predindustrijsku obradu željeza (Valent et al. 2019: 6-11). Provedenim istraživanjima otkriveni su brojni novi arheološki lokaliteti (Valent et al. 2018) te je uspostavljena baza podataka koja broji preko 160 lokaliteta, od kojih je na gotovo polovici utvrđena aktivnost povezana s procesima

vezanim uz predindustrijsku proizvodnju željeza (Karta 1). Na temelju površinskih nalaza, moguće je pretpostaviti kako se proizvodnja željeza na prostoru Podravine odvijala kroz dug vremenski period, moguće kroz više arheoloških razdoblja.

Istražujući prostore radionica na Volarskom bregu, Sušinama, Velikim Hlebinama i Dedanovicama (Sekelj Ivančan, ovdje) istraženi su i dijelovi naselja koja su, u većini slučajeva, funkcionirala istovremeno s odvijanjem metalurških djelatnosti (Sl. 7). Iako se na prvi pogled nalazi prikupljeni u istraženim objektima čine skromnima, oni pružaju izuzetno značajne podatke o razlikama u tehnološkim i dekorativnim karakteristikama posuda na temelju kojih je, uz pomoć radiokarbonskih analiza, bilo moguće uspostaviti relativno-kronološke faze kojima pripada prikupljeni materijal.

Najstariju grupu nalaza, datiranu u sredinu 7. stoljeća, čine ulomci keramičkih posuda pronađeni tijekom istraživanja naselja na lokalitetu Hlebina – Dedanovice (kat. br. 34, 37 - 41). Ti su primjerci tijekom preliminarne obrade podijeljeni u dvije grupe: prvoj pripadaju ulomci keramičkih lonaca koji u svojoj strukturi imaju

Naseobinski kontekst



Sl. 7. Tamne pravokutne zapune ukopanih stambenih objekata u istraživanjima Volarskog brega 2010. godine (snimio: S. Krznar)

veće kamenčiče, dok drugu čine dijelovi posuda (lonaca) šupljikave fakture nastale uklanjanjem organskih primjesa tijekom njihova pečenja. Ono što je zajedničko objema grupama su uglavnom zaobljeni rubovi lonaca, činjenica da su bili pečeni na otvorenoj vatri, gotovo svi su bili izrađeni rukom i, osim u rijetkim slučajevima, na njima nije prisutno ukrašavanje (Sekelj Ivančan, Valent 2020).

Iduća keramička razvojna faza predstavljena je materijalom s obližnjeg lokaliteta Velike Hlebine (Sekelj Ivančan, Valent 2017; Sekelj Ivančan 2018; 2019a). Dijelovi naselja istraženi na položaju Velike Hlebine pripadaju nešto mlađem vremenskom razdoblju prve polovine 8. stoljeća. Naizraženija karakteristika keramike s lokaliteta Velike Hlebine (kat. br. 21 - 33) su površinski ukrasi s različitim varijacijama i kombinacijama ukrasa češljastih zareza, češljastih valovnica i snopova horizontalnih linija. Lonci su većinom izrađeni na sporom lončarskom kolu, pojedini od njih, kao i većina komada s Dedanovica, imaju tragove vertikalnog zaglađivanja unutrašnje stijenke, a ručna je izrada utvrđena kod svega nekoliko prikupljenih komada. Na isti je način i materijal s Velikih Hlebina podijeljen u tri grupe: prvu i najmanju zastupljenu čine komadi šupljikave fakture, drugu čine komadi šupljikave fakture u kombinaciji s malo primjesa kamenčiča, dok posljednju i najbrojniju čine dijelovi lonaca koji u sebi sadrže manje kamenčiče (Sl. 8). Svim je grupama zajedničko da su pečeni na otvorenoj vatri, rubovi su im zaobljeni ili odrezani te je isti repertoar ukrasa zastupljen na loncima različitih faktura (Sekelj Ivančan 2019b).

Nešto mlađi keramički materijal u odnosu na Velike Hlebine prikupljen je tijekom istraživanja dijelova ranosrednjovjekovnih naselja koja su zaposjedana istovremeno s odvijanjem talioničkih procesa na Volarskom bregu i Sušinama sjeverno od Virja (kat. br. 1 - 5, 8 - 10, 14, 16). Prikupljeni se keramički materijal može datirati u vrijeme 8. stoljeća, ali s tendencijom kontinuiteta u početak 9. stoljeća. Razlika u odnosu na keramiku s Velikih Hlebina primjećuje se u izostanku lonaca šupljikave fakture, a počinju se pojavljivati lonci finije fakture s puno manje primjesa kamenčiča i s glatkim površinama. Ukrašavanje češljastim valovnicama i snopovima horizontalnih linija se nastavlja, uz povremenu pojavu jednostrukih valovnica i / ili horizontalnih linija. Lonci ovdje više nisu izrađeni rukom već na sporom ili u rijetkim slučajevima brzo rotirajućem lončarskom kolu. Rubovi posuda su razvijeniji iako i dalje prevladavaju jednostavno profilirani rubovi. Novost u keramičkim oblicima očituje se u pojavi tzv. pekača (kat. br. 15), koji su na drugim lokalitetima u Podravini prisutni i ranije, u vremenu funkcioniranja naselja na Velikim Hlebinama (Sekelj Ivančan 2009; 2017a; Sekelj Ivančan, Tkalčec 2018).

Tijekom istraživanja naseobinskih objekata i struktura, istovremenih s radionicama, osim keramičkih nalaza, pronađeno je i nekoliko predmeta svakodnevne upotrebe. Radi se o jednoj manjoj staklenoj perli (kat. br. 35), dvama dijelovima željeznih okova drvenih vedrica (kat. br. 12 - 13), dva željezna nožića (kat. br. 11, 17), željeznoj predici trapezoidna oblika (kat. br. 7) te brončanom lijevanom jezičcu pojasne garniture iz vremena druge polovine 8. stoljeća (kat. br. 6). Među navedenim je razvidno kako potonji nije nastao u Podravini, dok su preostali željezni predmeti mogli biti lokalni proizvod. No, kako je dosad predstavljeni repertoar nalaza samo jedan dio priče, tako je i sam tehnološki proces koji stoji iza radionica za taljenje željezne rude i izrade ovakvih predmeta drugi dio priče o željezu u Podravini, koji je tek potrebno ispričati.



Sl. 8. Usporedba keramike različite fakture s lokaliteta Hlebina – Velike Hlebine (snimio: H. Jambrek)



kat. br. 45



kat. br. 44



kat. br. 48

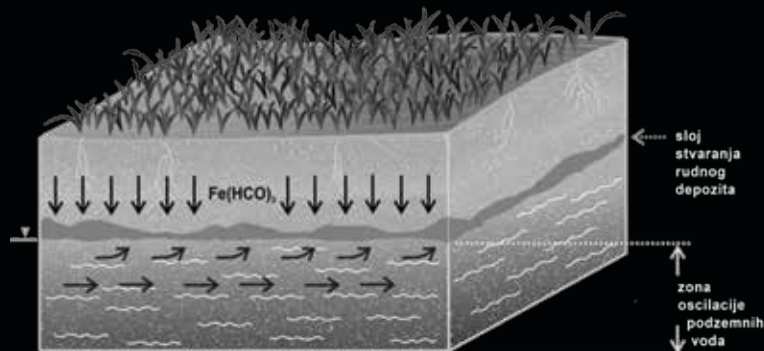
# TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE ŽELJEZA

Proces proizvodnje željeza izrazito je kompleksan te podrazumijeva niz postupaka koji iziskuju različite vrste i razine znanja i vještina te značajan utrošak vremena i energije.

U potrazi za sirovinom

Razina i karakter ljudskih aktivnosti, u prošlosti kao i danas uvelike je uvjetovana zakonitostima prirodnog krajolika, a upravo je dostupnost sirovina potrebnih za proizvodnju željeza osnovni preduvjet ove gospodarske aktivnosti. Osnovne sirovine čine željezna ruda, drvo za proizvodnju ugljena, glina za izgradnju peći te voda, potrebna pri gotovo svim koracima koji vode ka proizvodnji željeza. Nizinsko područje Podravine u kojemu dominira plavna dolina rijeke Drave, izmjenjuju se ocjedita niska uzvišenja i zamočvarena područja te prevladava umjerena klima, idealno je prirodno okruženje u kojemu se mogu formirati sedimentni depoziti željeznih oksihidroksida poznatih kao močvarna željezna ruda (Sekelj Ivančan, Marković 2017; Brenko et al. 2019). Mineraloške (XRD, *X-ray powder diffraction*) i geokemijske analize (ICP – MS) uzoraka ruda pronađenih na arheološkim lokalitetima ukazale su da je tijekom kasne antike i ranoga srednjega vijeka za proizvodnju željeza korištena močvarna željezna ruda regionalnog / lokalnog podrijetla. Ova vrsta rude (Sl. 9) formira se najčešće u glinovitim ili muljevitim te pjeskovitim tlima u horizontu koji je u doticaju s podzemnim vodama zasićenim otopljenim  $\text{Fe}^{2+}$  (Banning 2008: 641; Ramanaidou, Wells 2014: 345; Werońska 2009: 26, fig. 2.; Sekelj Ivančan, Marković 2017: 150). Rudni depoziti formiraju se postepeno, prolazeći pri tome razvojne faze, a u potpunosti razvijena i okrupnjena ruda koncentrirana je u obliku leća ili slojeva pod površinom tla (Kaczorek, Sommer 2003; Theleman et al. 2017). Eksploatacija ovih ruda podrazumijeva mogućnost prepoznavanja podpovršinskih depozita ruda u krajoliku pri čemu je zasigurno bilo presudno poznavanje prirodnog okoliša, poput smjene periodičnih plavljenja tijekom hidrološke godine, ali i vrsta vegetacije. Mjesta depozita odlikovalo bi izrazito vlažno tlo s pripadajućom hidrofilnom vegetacijom u kojoj dominiraju trave, karakteristično crvenkasto-smeđi film na površini u obližnjim vodotokovima i/ili rukavcima rijeka (Stanton et al. 2007: 710, fig. 8; Theleman et al. 2017: 480). Često se radi o močvarnim tj. nizinskim vlažnim područjima koja periodično plave (Werońska 2009: 24). Ruda se može formirati relativno plitko, količina rude koja se formira na jednom mjestu može varirati te se formirati neravnomjerno, stoga je moguće očekivati da su mjesta eksploatacije ostavila trag kao manje nepravilne jame, kanali ili rovovi koje je danas gotovo nemoguće prepoznati u krajoliku obzirom na proces sedimentacije, melioraciju i agrarnu djelatnost na nizinskim područjima.

Druga vrlo bitna prirodna sirovina korištena pri proizvodnji željeza je ugljen, odnosno drvo koje se prerađuje u drveni ugljen. Paleobotaničke analize uzoraka ugljena s lokaliteta Virje – Volarski breg (Sekelj Ivančan et al. 2019) na kojem je potvrđena talionička aktivnost ukazuju da su za proizvodnju ugljena tijekom kasne antike i ranoga srednjega vijeka vjerojatno iskorištavane vrste drveća koje čine šumsku vegetaciju karakterističnu za vlažna, nizinska, manje ili više plavna područja kakvo je područje Podravine i to prvenstveno hrast te jasen, joha, topola i brijest.



Sl. 9. Mehanizam stvaranja močvarne željezne rude (prema: Weronka 2009., prilagodila: T. Karavidović)



Sl. 10. Eksperimentalna rekonstrukcija ugljenice, Somogyfajs, Mađarska, 2019. (snimila: T. Karavidović)

Daljnji koraci koji prethode samom postupku taljenja podrazumijevaju pripremu sirovina, prvenstveno proizvodnju drvenog ugljena, ali i postupke priprema ruda. Način proizvodnje ugljena u arheološkim razdobljima uvelike se može usporediti s ugljenicama, kakve se i danas, iako rijetko, upotrebljavaju na širem području okolnih regija, a tijekom recentije prošlosti i u Podravini. Ugljen se mogao proizvoditi u ugljenicama, kod kojih su ulomci drveta pomno slagani u stožac. Potom bi se cijela konstrukcija zatvorila sa zemljom i slojem trava te zapalila kroz središnji otvor (Sl. 10). Proces je mogao trajati i do nekoliko dana, ovisno o veličini takve kompozicije i količini drva uz kontinuiranu brigu i nadzor ugljeničara. Prema eksperimentalnim testiranjima, otprilike oko 50 % volumena drveta se gubi pougljenjivanjem na ovaj način.

Postupci pripreme ruda mogu višestruko pozitivno utjecati na karakteristike rude, odnosno povećati njihovu pogodnost za direktnu redukciju (Cleere 1972: 208; Pleiner 2000: 107; Sauder, Williams 2002: 125; Espelund 2013: 85-87), princip korišten sve do kasnoga srednjega vijeka na području Europe. Rudu je moguće tretirati na više načina (Pleiner 2000: 106) kao što su: čišćenje rude od jalovine ispiranjem i/ili ručnim prebiranjem, sušenje i/ili postupak prženja i usitnjavanja rude.

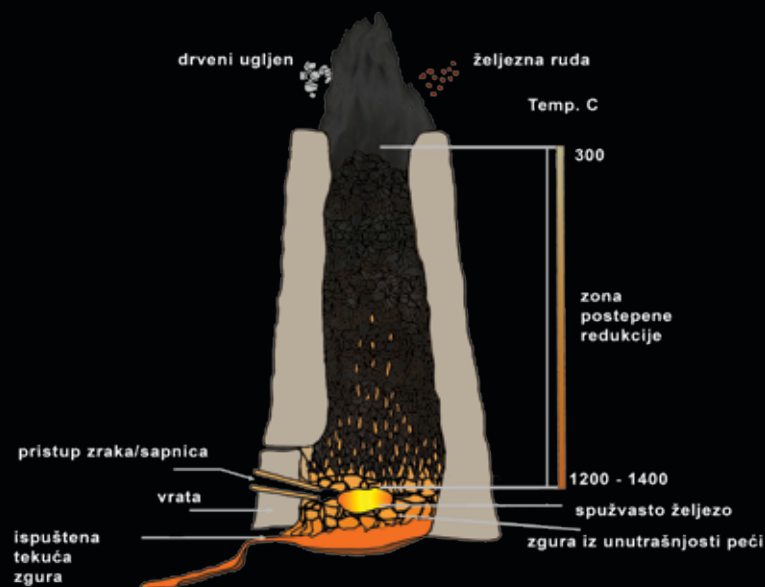


Sl. 11. Rezultati eksperimentalnog prženja močvarne željezne rude: a) prije prženja, b) nakon dva sata prženja (stožasta konstrukcija ložišta) i c) nakon šest sati prženja (rešetkasta konstrukcija ložišta) (prema: Karavidović 2020: sl. 3)

Prema mineraloškim analizama, rude s lokaliteta Virje – Sušine, Hlebine – Velike Hlebine i Dedanovice (Karavidović 2020a) bile su vjerojatno podvrgnute termičkom tretmanu prije postupka taljenja, i to u procesu koji se naziva prženje rude. Ono podrazumijeva zagrijavanje rude, primjerice na otvorenoj vatri, na svojevrsnoj lomači, gdje temperature dosežu između 300 i 1000 °C, u prosjeku između 500 i 650 °C. Ruda prženjem postaje poroznija i gubi suvišnu vlagu što olakšava usitnjavanje, ali i redukciju u talioničkoj peći. Također,

ona prolazi kroz proces pretvorbe gdje pod utjecajem temperature te oksidativnih i djelomično reduktivnih uvjeta mineral getit može prijeći u stanje hematita i/ili magnetita. Postupkom prženja ujedno se povećava udio željezovitih oksida u rudi. Uspješnost prženja rude tijekom prošlosti bilo je moguće prepoznati po izrazitoj promjeni boje gdje smeđi, sivkasto-crvenkasti i tamni tonovi rude prelaze u jarke ili blijede crvenkaste i žućkaste tonove (Sl. 11). Močvarne željezne rude u načelu se lako tale, stoga postupak prženja nije bio nužno neophodan (Charlton et al. 2010: 365; Karavidović 2020b) te kao takav može predstavljati tehnološki odabir majstora talioničara. Postupak prženja mogao je trajati nekoliko sati ili tjednima, ovisno o količini rude, goriva te razini i načinu prženja.

Postupak taljenja, ekstrakcije željeza iz ruda, odvijao se u talioničkim pećima. Osnovne funkcionalne elemente konstrukcije talioničke peći čine način otklanjanja zgure (nakupljanje ili ispuštanje), način na koji je peć bila toplinski izolirana (ukopane ili slobodno stojeće peći), oblik i visina nadzemne konstrukcije i vrsta rješenja za upuhivanje zraka ili izazivanje propuha (Cleere 1972: 16; 1981: 57-59; Pleiner 2000: 141-196). Nadzemni dijelovi konstrukcije ovih peći rijetko su očuvani u arheološkom kontekstu, međutim rekonstrukcija njihova izgleda u nekoj mjeri je moguća kroz analizu arheološkog zapisa i otpada koji je neminovno prisutan uz prostor na kojemu se odvijalo taljenje. Elementi konstrukcije peći poput sapnica (keramička cijev za upuhivanje zraka) i dijelova stijenki (kat. br. 48) te otpad koji nastaje taljenjem rude (zgura; kat. br. 42 - 44, 49) izravni su dokazi o tipu peći i procesu koji se u njoj odvijao. U organiziranim talioničkim radionicama otpad je često prisutan u većim količinama, kao što je slučaj na prostoru cjelovito istražene talioničke radionice na lokalitetu Hlebine – Velike Hlebine, gdje je pronađeno gotovo pola tone zgure (474 kg) i oko 216 kg tehničke keramike odnosno dijelova nadzemne konstrukcije peći. Najučestaliji oblici peći (jamske peći i peći ravnog ili plitko udubljenog dna kod kojih se zgura ispušta izvan peći) pojavljuju se na širem području Europe već u željeznom dobu, a zbog svoje funkcionalnosti, iako u različitim varijantama, ostaju vrlo dugo u uporabi (Joosten 2004: 13-15). Tako su u kasnoantičko i ranosrednjovjekovno vrijeme na istraženim lokalitetima Virje – Volarski breg (5. i 6. te 8. / 9. st.), Hlebine – Velike Hlebine (prva polovina 7. st.) i Virje – Sušine (4. / 5. st.) korištene slobodnostojeće peći s plitko udubljenim dnom ognjišta iz kojih je tekuća zgura ispuštana tijekom postupka (Sl. 12, 16). Nadzemna konstrukcija vjerojatno je bila cilindričnog, blago stožastog oblika, a građene su redanjem valjkastih glinenih elemenata. Nalaz stijenke peći (kat. br. 48) s Velikih Hlebina upućuje da su peći imale svojevrsna vrata u koja je bila umetnuta sapnica, a koja su se uklanjala

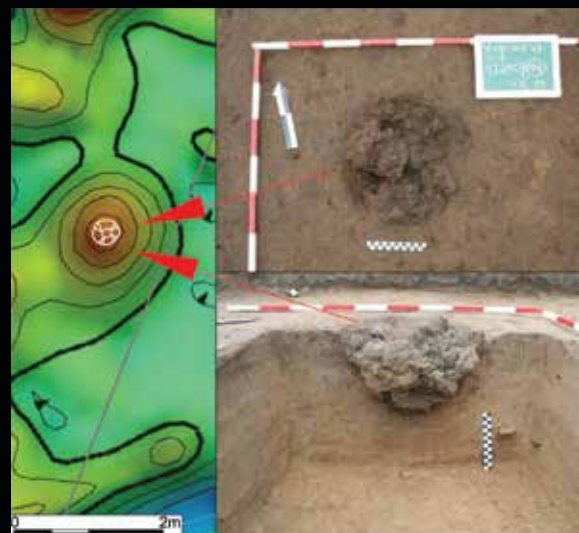


Sl. 12. Grafički prikaz rekonstrukcije procesa i izgleda samostojeće peći s ispuštenom zgurom (ilustracija: T. Karavidović)

Peći za taljenje željezne rude mogle su biti različita izgleda, no bez obzira na razlike u konstrukciji peći, da bi postupak taljenja bio uspješan, proces u peći mora se odvijati prema istim načelima termodinamike. Peć djeluje kao zatvoreni sustav, svojevrsna komora unutar koje se ruda postepeno reducira spuštajući se niz okno peći. Kontinuiranim protokom zraka, koji se u slučaju podravskih peći upuhivao putem mijeha kroz sapnicu, ugljen sagorijeva, a ruda se spušta i stupnjevito reducira kako se temperatura unutar peći povećava (Sl. 12). Pritom se unutar peći odvaja otpad (talionička zgura) i proizvod taljenja, spužvasto željezo (eng. *iron bloom*). Najviše temperature postižu se uz sapnicu ili otvor za pristup zraka, gdje se i formira spužvasto željezo pri temperaturi koja može doseći između 1100 i 1250 °C, ali i 1400 do 1600 °C (Charlton et al. 2010: 353; Pleiner 2000: 133; Echenlohr, Seernels 1991: 49-50). Potonje, visoke temperature nisu nužno potrebne i optimalne za proizvodnju spužvastog željeza, ali ih je bilo moguće postići u ovakvim pećima. Iako je postupak taljenja naizgled jednostavan, uspješnost procesa ovisi o brojnim elementima, prvenstveno svojstvima sirovina, tijekom postupka i optimalnoj konstrukciji peći. Osnovni tijek postupka taljenja podrazumijevao je više koraka: izgradnju i sušenje peći, zagrijavanje s drvenim ugljenom kako bi se postigla dovoljna temperatura i redukcijska atmosfera te postepeno zapunjavanje rudom i ugljenom. Postupak je završen kada sav ugljen sagori do visine na kojoj se formira spužvasto željezo, koje se potom izvlači iz peći.

Spužvasto željezo (Sl. 14) nastalo izravnim procesom redukcije je porozni konglomerat željeza, zgure i ugljena, svojevrsan poluproizvod, koji je potrebno dodatno obraditi tj. sinterirati čestice i izbaciti višak zgure. Neposredno nakon njegova izvlačenja iz peći, moguće je djelomično sinterirati čestice željeza pažljivim udaranjem po površini (eng. *compacting*). Međutim, ono još uvijek nije kompaktno, odnosno pročišćeno željezo pogodno za daljnju obradu u predmet, već je potrebno provesti postupak konsolidacije tzv. primarno kovanje koji podrazumijeva višestruko naizmjenično zagrijavanje i mehaničku obradu kovanjem (Jouttijärvi 2009: 975; 2015: 42). Sljedeći korak u proizvodnji željeznih predmeta podrazumijeva daljnje kovačke postupke (sekundarno kovanje). Tijekom oba kovačka postupka nastaje karakterističan otpad (eng. *post-reduction slag*) po kojemu je moguće prepoznati koji postupci su provedeni (Jouttijärvi 2009; 2015; Joosten 2004: 15-18; Pleiner 2000: 216-217; Echenlohr, Seernels 1991: 107-117). Tragovi peći (Sl. 5) i nalazi zgure (Sl. 15) istraženi na Dedanovicama svjedoče o kovačkoj aktivnosti, postupku obrade spužvastog željeza u 7. stoljeću.

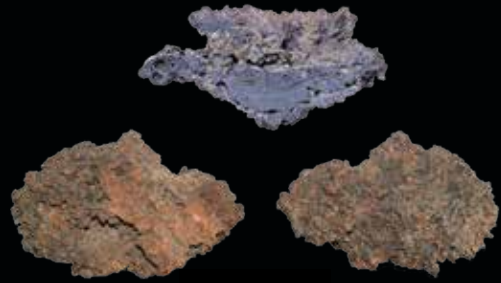
prilikom vađenja spužvastog željeza. Ovakav sustav izvlačenja spužvastog željeza omogućava višestruko korištenje iste peći. Na Volarskom bregu i Velikim Hlebinama tragovi zgure iz jednog taljenja pronađeni su *in situ* u položaju u kojemu su ostavljeni nakon što je postupak taljenja završen (Sl. 2, 16). Nešto drugačiji arheološki zapis otkriven je pri istraživanju na Sušinama (7. / 8. st.) gdje je istraženo nekoliko manjih jama promjera oko 25 cm, zapunjenih zgurom (Sl. 13). Na temelju podataka s arheološkog iskopavanja, ove jame moguće je dovesti u vezu s drugačijim tipom talioničkih peći, gdje se zgura nije ispuštala izvan peći, već se nakupljala unutar jame ložišta ili s drugačijim postupkom obrade dobivenog željeznog poluproizvoda.



Sl. 13. Virje – Sušine, presjek jame zapunjene zgurom (snimila: T. Sekelj Ivančan)



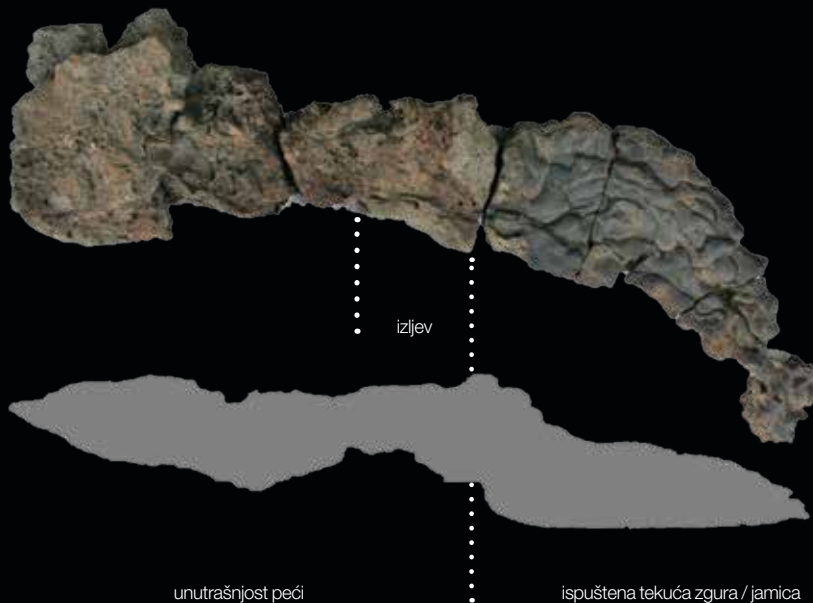
Sl. 14. Postupak kompaktiranja (desno) i dobiveno spužvasto željezo (lijevo).  
Renesansni festival, Koprivnica 2019. (snimila: T. Karavidović)



Sl. 15. Hlebine – Dedanovice, zgura nastala primarnim kovanjem (snimila: T. Karavidović)

Radionice za proizvodnju spužvastog željeza

Istražene radionice bile su izdvojene od istovremenih naselja, smještene na niskim ocjeditim uzvišenjima, a obzirom na karakter aktivnosti koje su se u njima odvijale, moguće je pretpostaviti da je izvor vode, poput vodotoka bio u neposrednoj blizini. U dosadašnjim arheološkim istraživanjima provedenim u Podravini u cijelosti je istražen prostor talioničke radionice na Velikim Hlebinama, datirane u prvu polovinu 7. stoljeća, dok su na ostalim položajima istraženi dijelovi pretpostavljenih talioničkih radionica. Tlocrtna organizacija arheoloških tvorevina i prostorna distribucija različitih tipova nalaza / otpada unutar prostora radionice na Velikim Hlebinama svjedoči o promišljenoj organizaciji radnog prostora prema vrsti i slijedu aktivnosti koje su izvođene. Tako se unutar prostora ove radionice odvijala priprema sirovina (prženje rude i/ili proizvodnja ugljena), taljenje željezne rude, kompaktiranje i/ili intenzivnija obrada spužvastog željeza (primarno kovanje). U radionici su izvedena mnogobrojna taljenja, a otpad od pojedinih postupaka ciljano je deponiran uz rubove radioničkog prostora. Prema eksperimentalnim testiranjima (Karavidović 2020b; Valent 2019), postupak izgradnje, sušenja i zagrijavanja peći te taljenja oko 12 kg pržene rude bilo je moguće izvesti u jednom danu, uz sudjelovanje do troje ljudi. Obzirom da su peći s ispuštenom zgurom namijenjene višestrukoj uporabi svako slijedeće taljenje trajalo je mnogo kraće, te je u toku dana bilo moguće izvesti i više taljenja. Aktivnosti u radionici vjerojatno su izvođene u kampanjama koje su podrazumijevale višestruka taljenja, a provođene su sezonski ili prema potrebi.



Sl. 16. Virje - Volarski breg 2008., SJ 29. Zgura proizašla iz jednog taljenja, pronađena *in situ*. Makroskopski su vidljive razlike između zgure koja se zadržala unutar peći i ispuštene zgure.

## EKPERIMENTALNA ARHEOLOGIJA

Interes za eksperimentalne radionice taljenja željezne rude pojavio se odmah nakon arheološkog otkrića prvih ostataka peći na Volarskom bregu kod Virja 2008. godine. Kolege iz Instituta za arheologiju započeli su s daljnjim istraživanjima i iščitavanjem literature o povijesnoj metalurgiji, a već početkom 2011. godine u sklopu izložbe „Zaštitna arheologija višeslojnih nalazišta Virje – Volarski breg (2008., 2010.) i Delovi – Grede I (1982.)“ postavljene u Muzeju grada Koprivnice izrađene su prve glinene peći (Čimin 2011: 22-23). Tom se prigodom sam postupak taljenja nije provodio, već je namjera bila predstaviti peći, ali ipak predstavljaju začetke eksperimentalnih radionica koje su se nastavile iste godine uz Međunarodni dan muzeja 18. svibnja u velikom dvorištu Muzeja i potom na Renesansnom festivalu u Koprivnici početkom rujna. Drugi je pokušaj već bio kvalitetniji, u sklopu dana otvorenih vrata Muzeja izgrađena je peć u kojoj se prvi puta okušalo u taljenju željezne rude. Ruda je bila hematitna s prostora Samoborskog gorja (selo Rude), ista se usitnila i nakon postizanja dovoljne temperature u peći ubacivala u nju. Ipak, nedovoljnim znanjem o svim procesima taljenja željezne rude korištena je kombinacija drvenog ugljena i koksa kao gorivo budući da se smatralo da je važno tek postići što višu temperaturu. Na kraju je korištenjem suvremene tehnologije ubacivanja zraka (kompresor) dobivena temperatura od gotovo 2000 °C koja je talila hematitnu rudu, stvarala se tekuća zgura, ali se spužvasto željezo nije formiralo. Pored talioničke djelatnosti, istovremeno je izrađivano ranosrednjovjekovno keramičko posuđe, odnosno lonci manjih dimenzija ukrašeni jednostrukom ili višestrukom valovnicom (Mario Fluksi) koji su idući dan ispečeni u istoj glinenoj peći. Radionicu je obišlo stotinjak posjetitelja, među kojima nekoliko osnovnoškolskih skupina s područja Koprivnice i s diseminacijom znanja se započelo. Iste godine na Renesansnom festivalu koprivnički su muzealci u tri dana izradili dvije glinene peći, u kojima su pokušali istim gorivom sekundarno taliti arheološku željeznu zguru. Želja je bila uvidjeti mogućnost ponovnog korištenja otpada koji sadrži određenu količinu željeza u sebi, no spužvasto željezo se nije formiralo, što nam je dalo odgovor na pitanje o (ne)funkcionalnosti sekundarnog taljenja. Naredne 2012. godine početkom rujna na Renesansnom festivalu osmišljena je visoka glinena peć ne bi li se vidjelo je li se u predindustrijsko doba mogla koristiti peć većeg volumena i snage i da li je za time uopće bilo potrebe. Peć visine nešto manje od dva metra građena je i sušena tijekom dva dana, a punjena drvenim ugljenom i željeznim otpadom. Tijekom procesa upuhivan je zrak kožnatim mjhovima s bočnih strana, no



Sl. 17. Koprivnica, Renesansni festival 2018. (snimio: M. Posavec)



uvidjelo se da joj je radi visine potrebno mnogo manje dodatnog zraka nego li je slučaj kod manjih peći. Rezultat spužvastog željeza je ponovno izostao, odnosno zaključeno je da se željezna zgura u sekundarnom procesu ne može pretvoriti u iskoristivo željezo. Time smo tijekom te dvije radionice došli do novih spoznaja, a koje je obišlo desetak tisuća posjetitelja što je bio prvi veći korak u predstavljanju djelatnosti koja je u recentno vrijeme zaboravljena.

Nekako u tim istim godinama Institut za arheologiju (Tajana Sekelj Ivančan) istražuje Volarski breg i Sušine sjeverno od Virja koji su bili podloga za osmišljavanje znanstveno-istraživačkog projekta TransFER u sklopu kojega je Muzej na temelju tih prvih radionica preuzeo veći dio diseminacijske uloge znanja koja će se istim projektom prikupiti (Sekelj Ivančan, ovdje). Nastavno na dosadašnje talioničke (ne)uspjehe tijekom eksperimenata veći broj suradnika na projektu u tri je godine sudjelovalo na radionicama u češkom Adamovu (Sl. 18): 2017. godine Tajana Sekelj Ivančan i Ivan Marija Hrovatin, 2018. godine Robert Čimin i Ivan Valent te 2019. godine Ivan Valent i Tena Karavidović; dok je posljednja sudjelovala još i na radionici nedaleko mjesta Somogyfajs z u Republici Mađarskoj. Na tim se radionicama učilo od iskusnih majstora talioničara / kovača te se uz stručni nadzor samostalno podizala glinena peć i provodio proces taljenja kroz više dana. Svaka od navedenih ekipa imala je određenih uspjeha u taljenju te se uvidjelo da je važno preuzimati postojeća znanja po principu „s koljena na koljeno“ (Sekelj Ivančan 2018b; 2018c; Valent 2018; Karavidović 2020). Tim smo iskustvom mogli pokrenuti niz samostalnih eksperimentalnih radionica u okviru manifestacije Renesansni festival u Koprivnici za koji je već 2018. godine osmišljena središnja tema pod nazivom „Tajne željeza“ (Sl. 17).

Tijekom dvije vezane manifestacije za naše je potrebe osiguran ograđeni prostor s osnovnim sirovinama: glina, pijesak, suho sijeno, drvo, drveni ugljen i željezna ruda. Na prvoj je glina za peći potjecala s eksploatacijskog polja Gušćerovec kod Križevaca (Radnik d.d.), dravski pijesak bio je granulacije 0-4 mm, a kao sirovina je korištena usitnjena željezna ruda iz suvremenog rudnika Omarska kraj Prijedora u Bosni i Hercegovini. Sveukupno su izgrađene četiri peći za taljenje željezne rude: dvije tzv. peći s plitkim ognjištem i dvije tzv. jamske peći s nataloženom zgurom. Postupak taljenja uspješno je proveden na objema talioničkim pećima s plitkim ognjištem, a loši vremenski uvjeti (svakodnevni večernji pljuskovi) onemogućili su završetak procesa izrade peći i taljenje na primjerima jamskih talioničkih peći s nataloženom zgurom (Valent 2018; 2019). Iz prve peći od ubačenih 13 kg rude, nakon oblikovanja dobiven je poluproizvod od 1,25 kg i 5,13 kg zgure, a nekoliko dijelova poluproizvoda se odvojilo od jezgre. Kod treće peći rezultat je bio poluproizvod koji se tijekom procesa taljenja zalijepio za vrata, peć je prilikom preranog otvaranja popucala, a poluproizvod težine oko 4 kg (od ubačenih 7,5 kg rude) razdvojio se na dva djela, dok je zgura težila 3,17 kg. Pokazalo se u oba slučaja da ta ruda nije pogodna za taljenje u ovakvom tipu peći.

Sl. 18. Stará huť u Adamovu (Češka), radionica *Historic and prehistoric Iron smelting and processing*, 23. - 25. 5. 2018. (snimio: R. Čimin)



Druga i četvrta peć bile su jamskog tipa (Sl. 20), no niti u jednoj proces taljenja nije dovršen. U drugoj je postupak započet s 4 kg rude, dok je kod četvrte proces obustavljen još u fazi sušenja. Kod ovakvih eksperimentalnih radionica u sklopu turističkih manifestacija ovisili smo o više čimbenika kod kojih smo se usklađivali s okolnostima i potrebama njihove organizacije, vanjskim nepredvidivim vremenskim uvjetima (česti pljuskovi) i pribavljenom rudom. Radionice su trajale od ranoga jutra do kasno u noć ne bi li se izvukao maksimum rezultata i prikupila znanja o mnogim detaljima talioničkog procesa o kojima je potrebno brinuti. Naučeno je kakva smjesa gline treba biti, koliko dugo se treba sušiti i s kakvim drvom i koliko se dugo peć zagrijava (1300 °C) prije nego li se počne s postupkom taljenja. Fraza „okrivi rudu“ (eng. *blame the ore*) naučena u Češkoj potvrđena je i ovoga puta budući da smo koristili rudu manje pogodnu za taljenje ovim tehnološkim procesom, a i da postupak redukcije željeza treba provesti do kraja. Reklo bi se „nije gotovo dok nije gotovo“. Nekoliko dana od završetka manifestacije provedena su arheološka iskopavanja glinenih peći kojima su dokumentirane nalazne situacije kakve se mogu zateći i na arheološkim lokalitetima, što će nam uvelike koristiti pri interpretaciji pravih arheoloških zapisa.

Sljedeće 2019. godine, krajem kolovoza, ponovljena je višednevna radionica (Sl. 19) u vrlo sličnom obliku na Renesansnom festivalu kao prethodne godine (Karavidović 2020c). Rekonstruiran je cjelovit proces proizvodnje željeza iz željezne rude te postupak primarnog kovanja. Tako je proces podrazumijevao: pripremu svih sirovina (ugljen, glina, ruda), izgradnju tri peći za taljenje i jedne kovačke peći te postupke taljenja i primarnog kovanja (kompaktiranje i konsolidacija spužvastog željeza te oblikovanje proizvoda ili tzv. ingota). Sirova ruda podvrgnuta je tzv. prženju na otvorenoj vatri za što je načinjena rešetkasta lomača od oko 0,45 m<sup>3</sup> suhog jelovog drva, a u čije je slojeve umetnuto 60 kg sirove rude od koje se na kraju šestosatnog procesa prikupilo 31,5 kg pržene rude. Ruda je gubila na težini sušenjem, primarnim odbacivanjem nečistoća i nemogućnošću prikupljanja najsitnijih komada. Istovremeno su izgrađene dvije samostojeće talioničke peći s plitkim ognjištem (Peć 1 i 2) te jedna jamska peć (Peć 3); sve redom ukupne visine do oko 90 cm zajedno s ukopanim dijelovima. U svrhu definiranja razlika između različite razine pripreme rude u prvoj peći taljena je sirova ruda i ona pržena, jednake granulacije u dva odvojena postupka. U prvom postupku je 10 sati taljenja utrošeno 12 kg pržene rude i 37 kg ugljena, na temperaturi iznad 1300 °C, a dobiven je poluproizvod težine oko 1,80 kg. Obzirom da je peć dosta popucala, idući je dan popravljena zamazivanjem pukotina s razrijeđenom glinenom smjesom s vanjske i unutrašnje strane, a potom je počeo proces zagrijavanja peći i taljenja koji je potrajao 9,5 sati. Ponovno je utrošena ista količina (ovog puta sirove) željezne rude i ugljena od koje je dobiven poluproizvod težine 1,75 kg. Druga peć tipom ista kao prva, primila je prvi puta kroz više od 13 sati ponovno 12 kg pržene rude i čak 40,5 kg ugljena, ali se poluproizvod prilikom primarnog kompaktiranja raspao na tri ulomka ukupne težine 0,70 kg. U drugom taljenju, nakon popravka peći idući dan, ponovljen je identičan postupak, ali ponovno bez uspjeha u dobivanju kompaktnog poluproizvoda koji se ovaj put pomiješao sa zgurom. Peć 3

Sl. 19. Koprivnica, Renesansni festival 2019., uspješno dobiveni poluproizvod (snimio: M. Posavec)

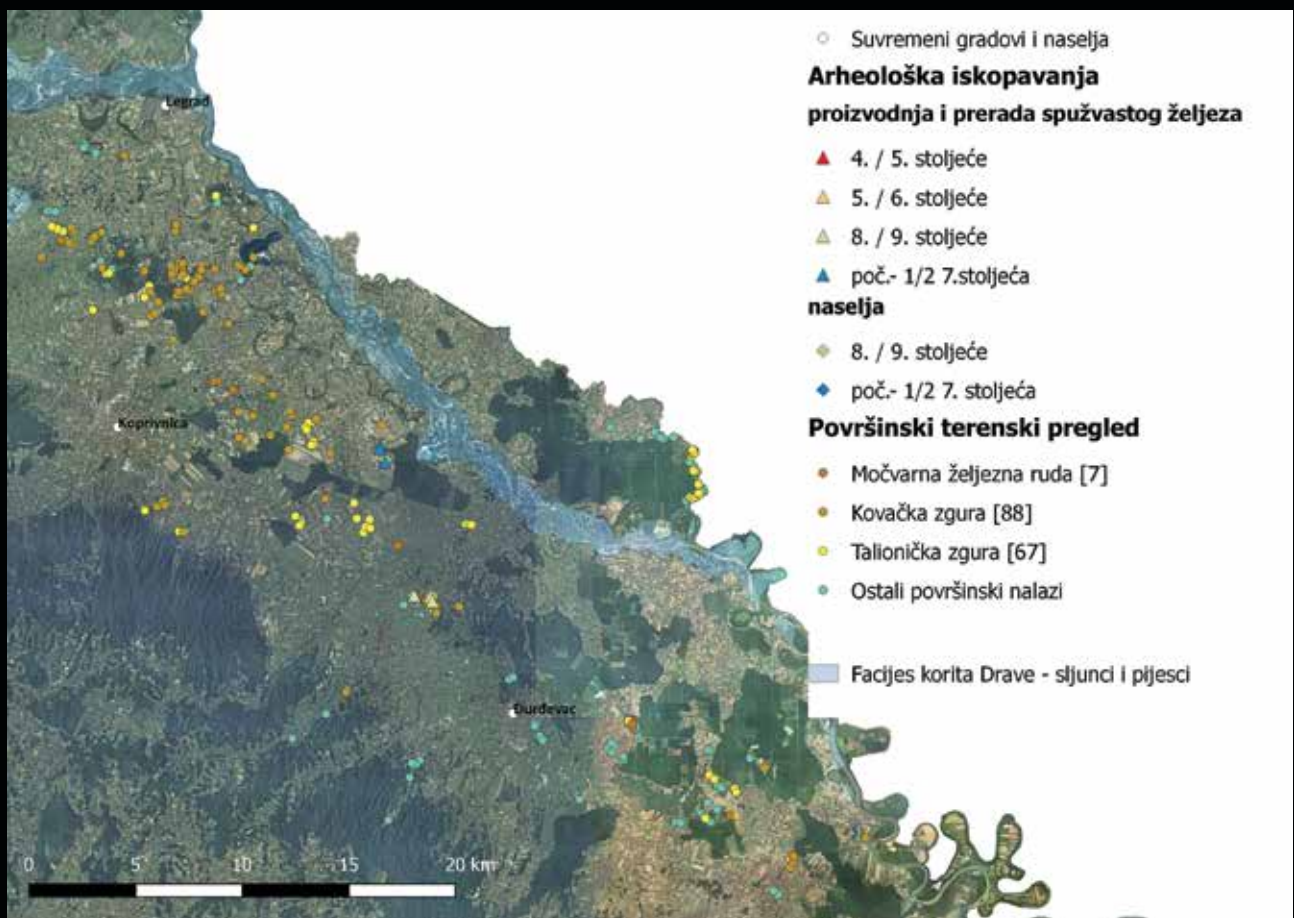


Sl. 20. Atmosfera tijekom eksperimentalne radionice u Koprivnici na Renesansnom festivalu 2018. godine (snimio: M. Posavec)



(jamska) izrađena je u jednom danu, a drugi dan proveden je proces taljenja. U peć je ubačeno ukupno 7,5 kg rude i 26 kg ugljena, a po dovršetku procesa taljenja peć je srušena sistemom poluge kako bi se došlo do spužvastog željeza koje se nalazilo neposredno iznad sapnice. Dobiven je poluproizvod težine 1,45 kg uz 2,72 kg prikupljene zgure kroz proces taljenja od oko 10,5 sati.

Rekonstrukcije peći za taljenje temeljile su se na arheološkim ostacima dokumentiranim na lokalitetima Virje – Volarški breg i Sušine te Hlebine – Velike Hlebine, dok se rekonstrukcija peći u kojoj je obavljena konsolidacija spužvastog željeza temeljila na arheološkom zapisu pronađenom na lokalitetu Hlebine – Dedanovice. Izgrađene rekonstrukcije peći za taljenje predstavljaju dva osnovna tipa peći, jamske peći s nakupljenom zgurom i peći s ispuštenom tekućom zgurom. Kako je sukladno pandemijskoj COVID-19 situaciji otkazan Renesansni festival za 2020. godinu, a bilo je potrebno provesti barem jedno taljenje s rudom pronađenom na lokalitetu Kalinovac – Hrastova greda tako je uz ovogodišnji Međunarodni dan muzeja organizirana posljednja dvodnevna radionica (18. / 19. 5. 2020.). Izrađene su dvije tipološki različite peći u prvom danu te je spržena sirova ruda kako bi se drugi dan provodio istovjetan postupak kao na posljednjoj radionici, no s novom i nepoznatom nam rudom. No, već nakon dva do tri sata talioničkog procesa u obje peći dogodilo se čepljenje sapnica kroz koje se upuhuje zrak čime se došlo do nemogućnosti provedbe kvalitetnog taljenja te posljedičnog obustavljanja procesa. Nepoznati su nam razlozi pojave takvih situacija, no razmišljamo o pogreškama u pripremi rude ili njejoj nedovoljnoj kvaliteti, niskom udjelu željezovitih oksida i značajnijem ostalih elemenata u sastavu. Slijedi kemijska analiza novopronađene podravske rude kojom će se dobiti odgovori na neka od postavljenih pitanja. Svaki neuspjeh nam je i određeni uspjeh, koji je iznimno važno zabilježiti i o njemu pričati. Samo ustrajnošću i metodom pokušaja i pogrešaka moći ćemo s vremenom spoznati mnoštvo tajni koje skriva željezo. Tajni koje će se kombinacijom dosadašnjeg iskustva i budućim radionicama postupno otkrivati kako bi ih ostavili budućim generacijama u nasljeđe.



Karta 1. Istraženi prostor Podravine s naznačenim položajima i karakteristikama lokaliteta (podloga: geoportal.dgu.hr; izradila: T. Karavidović)

- Banning, A. 2008, Bog Iron Ores and their Potential Role in Arsenic Dynamics: An Overview and a 'Paleo Example', *Engineering in Life Sciences*, Vol. 8, 641-649.
- Brenko, T., Borojević Šoštarčić, S., Ružičić, S., Sekelj Ivančan, T. 2020, Evidence for the formation of bog iron ore in soils of the Podravina region, NE Croatia: Geochemical and mineralogical study, *Quaternary International*, 536, 13-29.
- Charlton, M., Crew, P., Rehren, T., Shennan, S. 2010, Explaining the evolution of ironmaking recipes – an example from northwest Wales, *Journal of Anthropological Archaeology*, 29, 352-367.
- Cleere, H. 1972, The classification of early iron smelting furnaces, *Antiquaries Journal*, 52/2, 8-23.
- Čimin, R. 2011, *Zaštitna arheologija višeslojnih nalazišta Virje – Volarski breg (2008., 2010.) i Delovi – Grede I (1982.)*, katalog izložbe, Muzej grada Koprivnice, 10.03. – 10.05.2011., Koprivnica, 2011.
- Joosten, C. 2004, Technology of Early Historical Iron Production in the Netherlands, *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies*, Vol. 2, Institute for Geo- and Bioarchaeology, Faculty of Earth and Life Sciences of the Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Jouttijärvi, A. 2009, The shadow in the smithy, *Materials and manufacturing processes*, Vol. 24/ 9, 975-980.
- Jouttijärvi, A. 2015, Scales and spheres, *Historical Metallurgy*, Vol. 48, 41-46.
- Kaczorek, D., Sommer, M. 2003, Micromorphology, chemistry and mineralogy of bog iron ores from Poland, *Catena*, Vol. 54, 393-402.
- Karavidović, T. 2019a, *Izviješće o sudjelovanju na radionici 11th IRON SMELTING WORKSHOP 2019: FROM THE SOIL TO THE IRON PRODUCT Somogyfajsz, Republika Mađarska*, dostupno na: [http://transfer.iarh.hr/images/5.-10.7.2019.\\_izvijesce\\_Somogy\\_29.07-converted.pdf](http://transfer.iarh.hr/images/5.-10.7.2019._izvijesce_Somogy_29.07-converted.pdf) (1.6.2020.).
- Karavidović, T. 2019b, *Izviješće o sudjelovanju na radionici tehnike taljenja željezne rude 11. workshop starého železářství / 11th workshop old ironmongery – Stará huť, Adamov, Brno (Česka)*, dostupno na: [http://transfer.iarh.hr/images/Izvije%C5%A1%C4%87e\\_ADAMOV\\_2019\\_TSI\\_TK.pdf](http://transfer.iarh.hr/images/Izvije%C5%A1%C4%87e_ADAMOV_2019_TSI_TK.pdf) (1.6.2020.).
- Karavidović, T. 2020a, Rekonstrukcija postupka prženja željezne rude: eksperimentalni pristup, in: *Zbornik radova Prvog skupa Sekcije za arheometriju, arheotehnologiju, geoarheologiju i eksperimentalnu arheologiju Srpskog arheološkog društva, Aktualna interdisciplinarna istraživanja tehnologije u arheologiji Jugoistočne Evrope*, Beograd, 28. veljače 2020., Vitezović S., Šarić K., Antonović D. (eds), Beograd, 130-137.
- Karavidović, T. 2020b, Močvarna željezna ruda – eksperimentalno testiranje utjecaja prženja rude na postupak taljenja i krajnji proizvod, *Annales Instituti archaeologici*, Vol. XVI (u tisku).
- Karavidović, T. 2020c, *Izviješće o eksperimentima provedenim u sklopu radionice "Tajne željeza", Renesansni festival, Koprivnica, 2019.*, Zagreb, 4. veljače 2020., rukopis u Arhivi Instituta za arheologiju.
- Marković, S. 2002, *Hrvatske mineralne sirovine*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.
- Mušič, B., Medarić, I., Matijević, F. 2017, *Izviješće o geofizičkim istraživanjima na arheološkom lokalitetu Hlebine – Velike Hlebine i Dedanovice*, Maribor, 10. 11. 2017., rukopis u Arhivi Instituta za arheologiju.
- Mušič, B., Medarić, I., Mori, M., Nas, E. 2013, *Izviješće o geofizičkim istraživanjima na arheološkom lokalitetu Virje – Volarski breg / Sušine, Hrvatska*, Maribor, 16. 06. 2013., rukopis u Arhivi Instituta za arheologiju.
- Pleiner, R. 2000, *Iron in archaeology, The European Bloomery Smelters*, Archeologický ústav AVČR, Prag, 2000.
- Ramanidou, E. R., Wells, M. A. 2014, Sedimentary Hosted Iron Ores, in: *Treatise on Geochemistry, Elsevier Publishing*, 313-355.
- Sekelj Ivančan, T. 2001, *Early Medieval Pottery in Northern Croatia. Typological and chronological pottery analyses as indicators of the settlement of the territory between the rivers Drava and Sava from the 10<sup>th</sup> to the 13<sup>th</sup> centuries AD*, BAR International Series 914, Oxford.
- Sekelj Ivančan, T. 2007, Novi površinski nalazi s lokaliteta Virje – Volarski breg, *Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva*, god. XXXIX, br. 3, 73-79.
- Sekelj Ivančan, T. 2009, Arheološka istraživanja ranosrednjovjekovne radionice za preradu željezne rudače na lokalitetu Virje-Volarski breg, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. V, 65-70.
- Sekelj Ivančan, T. 2010, Talionička djelatnost u okolini Molva u ranom srednjem vijeku, in: *Zbornik radova sa znanstvenog skupa Molve – ljudi, selo i okoliš u dugom trajanju (1658.-2008.) u povodu 350-te obljetnice osnivanja današnjeg sela Molve*, Kolar M., Petrić H. (eds.), Molve, 30-45.
- Sekelj Ivančan, T. 2011, Rezultati istraživanja nalazišta Virje – Volarski breg u 2010. godini, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. VII, 50-53.
- Sekelj Ivančan, T. 2013, Nastavak arheoloških istraživanja na položajima Volarski breg i Sušine kraj Virja u 2012. godini, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. IX, 48-54.
- Sekelj Ivančan, T. 2014a, Pregled dosadašnjih arheoloških istraživanja na lokalitetu Virje – Volarski breg/Sušine, in: *Podravski zbornik 40/2014*, Čimin, R. (ed.), Koprivnica, 159-166.
- Sekelj Ivančan, T. 2014b, Četvrta sezona arheoloških istraživanja nalazišta Virje-Volarski breg-Sušine, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. X, 99-103.

- Sekelj Ivančan, T. 2015, Arheološki ostaci triju naselja na Sušinama u Virju, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. XI, 50-53.
- Sekelj Ivančan, T. 2017a, Ranosrednjovjekovno naselje na Volarskom bregu u Virju, in: *Zbornik Instituta za arheologiju, Srednjovjekovna naselja u svjetlu arheoloških izvora / Mediaeval Settlements in the Light of Archaeological Sources*, Vol. 6, Sekelj Ivančan T., Tkalčec T., Krznar S., Belaj J. (eds.), 111-131.
- Sekelj Ivančan, T. 2017b, Ranosrednjovjekovni objekt na Sušinama u Virju, *Cris: časopis Povijesnog društva Križevci*, god. XIX., br. 1, 115-128.
- Sekelj Ivančan, T. 2018a, Nastavak istraživanja talioničke radionice i naselja na lokalitetu Hlebine–Velike Hlebine, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. XIV, 65-71.
- Sekelj Ivančan, T. 2018b, Eksperimentalno taljenje željezne rude i razgradnja korištene talioničke peći, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. XIV, 154-160.
- Sekelj Ivančan, T. 2018c, The dismantling of a smelting furnace after experimental smelting of iron ore, *Archeologia Technica* 29, 10-16.
- Sekelj Ivančan, T. 2019a, Arheološka istraživanja lokaliteta Hlebine – Dedanovice, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. XV, 129-135.
- Sekelj Ivančan, T. 2019b, Ostaci ranosrednjovjekovnog naselja na lokalitetu Hlebine – Velike Hlebine, *Podravina: časopis za multidisciplinarna istraživanja*, Vol. XVIII, br. 36, 5-20.
- Sekelj Ivančan, T., Botič, K., Culiberg, M. 2019, Biljni pokrov Đurđevačkih pijesaka i okolice – arheološka perspektiva: studija slučaja Virje – Volarski breg, in: *Zbornik radova sa znanstvenog skupa "Đurđevački pijesci: Geneza, stanje i perspektive"*, Đurđevac, 29. – 30. lipnja 2017., Tomić, F. (ed.), Zagreb – Križevci, 47-69.
- Sekelj Ivančan, T., Marković, T. 2017, The primary processing of iron in the Drava river basin during the Late Antiquity and Early Middle Ages - the source of raw materials, in: *Archeotechnology studies: Raw material exploitation from prehistory to the Middle Ages*, Vitezović, S., Antonović, D. (eds.), Beograd, 143-160.
- Sekelj Ivančan, T., Mušič, B. 2014, Geofizička i arheološka istraživanja na nalazištu Virje – talioničkoj radionici iz vremena kasne antike i ranog srednjeg vijeka, *Starohrvatska prosvjeta*, Vol. III, br. 41, 177-183.
- Sekelj Ivančan, T., Tkalčec, T. 2018, Settlement Continuity at Sušine Site near Virje (North Croatia) throughout the Middle Ages, *Konštatínove listy*, 2018, vol.: 11, issue: 2, pages: 35-36.
- Sekelj Ivančan, T., Valent, I. 2017, Ostaci talioničke radionice na lokalitetu Hlebina–Velike Hlebina, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. XIII, 73-76.
- Sekelj Ivančan, T., Valent, I. 2020, Similarities and differences between 7th and 8th-century pottery on the example of the archaeological sites in the vicinity of Hlebina, in: *Two sides of a belt strap end: Avars on the north and the south of the khaganate*, Vinkovci, 6th-7th February 2020, (u tisku).
- Sekelj Ivančan, T., Valent, I. 2021, In which part of the year did the iron smelting in the Drava valley occur, *Seasonal Settlement in the Medieval and Early Modern Countryside, Ruralia XIII Conference*, Stirling, 9th-15th September 2019, (u tisku).
- Stanton, M. R., Yager, D. B., Fey, D. L., Wright, W. G. 2007, Formation and Geochemical Significance of Iron Bog Deposits, Chapter E14, in: *U.S. Geological Survey Professional Paper, Vol. 1651/2*, Church, S. E., von Guerard, P., Finger, S. E. (eds.), Colorado, 689-721.
- Thelemann, M., Bebermeier, W., Hoelzmann, P., Lehnhardt, E. 2017, Bog iron ore as a resource for prehistoric iron production in Central Europe — A case study of the Widawa catchment area in eastern Silesia, Poland, *Catena*, Vol. 149, 474-490.
- Valent, I. 2018a, *Izviješće o provedenim rekognosciranjima i reambulaciji arheoloških lokaliteta s metalurškim značajkama na prostoru Podravine*, Koprivnica, 22.2.2018., dostupno na: [http://transfer.iarh.hr/images/Valent%20Ivan\\_Izvijsje%20C5%A1%C4%87e\\_1-426.pdf](http://transfer.iarh.hr/images/Valent%20Ivan_Izvijsje%20C5%A1%C4%87e_1-426.pdf) (1.6.2020).
- Valent, I. 2018b, Rekognosciranje Muzeja grada Koprivnice u 2017. godini, in: *Podravski zbornik 44/2018*, Čimin, R. (ed.), Koprivnica, 77-98.
- Valent, I. 2018c, Eksperimentalna izrada peći za taljenje željezne rude - procesi, problemi, rješenja, *Podravina: časopis za multidisciplinarna istraživanja*, Vol. XVII, br. 34, 18-33.
- Valent, I. 2019, *Izviješće o eksperimentalnim procesima izrade peći i taljenju željezne rude, Renesansni festival 2018.*, Koprivnica, 23. - 26. kolovoza 2018., Koprivnica, 8. veljače 2019., rukopis u Arhivi Instituta za arheologiju.
- Valent, I., Zvijerac, I., Sekelj Ivančan, T. 2017, Topografija arheoloških lokaliteta s talioničkom djelatnošću na prostoru Podravine, *Podravina: časopis za multidisciplinarna istraživanja*, Vol. XVI, br. 32, 5-25.
- Valent, I., Krznar, S., Tkalčec, T., Sekelj Ivančan, T. 2018, Terenski pregled koprivničke i đurđevačke Podravine, *Annales Instituti Archaeologici*, Vol. XVI, 142-147.
- Valent, I., Krznar, S., Tkalčec, T. 2019, Novi arheološki lokaliteti s metalurškom djelatnošću na prostoru Podravine, *Podravina: časopis za multidisciplinarna istraživanja*, Vol. XVIII, br. 35, 5-25.
- Werońska, A. 2009, Wpływ warunków srodowiskowych na powstawanie holocenijskich rud żelaza, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 25/2, 23-36.



1.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašeni snopom horizontalnih linija i češljastom valovnicom.

Lokalitet: Virje – Volarski breg 2010., SJ 107

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 75; š. 186

Datacija: 8. – početak 9. st.



2.

Opis: Ulomci gornjeg dijela manjeg lonca ukrašeni snopom horizontalnih linija i vertikalnim češljastim zarezima.

Lokalitet: Virje – Volarski breg 2010., SJ 107

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 58; š. 103

Datacija: 8. – početak 9. st.



3.

Opis: Ulomak dna s kružnim udubljenjem od lončarskog kola.

Lokalitet: Virje – Volarski breg 2010., SJ 107

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 36; š. 111; pr. dna 93, pr. udubljenja 25

Datacija: 8. – početak 9. st.



4.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašeni plitkom češljastom valovnicom i snopom horizontalnih linija.

Lokalitet: Virje – Volarski breg 2010., SJ 111

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 200; š. 186

Datacija: 8. – početak 9. st.



5.

Opis: Ulomak gornjeg dijela manjeg lonca ukrašen češljastim zarezima.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 315

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 72; š. 62

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.

6.

Opis: Pojasni jezičac ukrašen motivom stiliziranih kružnih ili S-oblikovanih vitica smještenih unutar pravokutnog okvira.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 315

Materijal / tehnika: bronca / lijevanje u dvostruki kalup

Dimenzije (mm): v. 53; š. 16; deb. 2

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.



7.

Opis: Trapezoidna pređica.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 315

Materijal / tehnika: željezo / kovanje

Dimenzije (mm): v. 33-43; š. 45; d. 2-7

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.



8.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašen češljastim valovnicama.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 318

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 83; š. 106

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.



9.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašen isprepletenim češljastim valovnicama i snopom horizontalnih linija.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 318

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 109; š. 106

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.



10.

Opis: Ulomci gornjeg dijela manjeg lonca ukrašen dijagonalnim češljastim zarezima i češljastom valovnicom na unutrašnjosti ruba.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 319

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 48; š. 71

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.







11.

Opis: Jednovidni nožić s trnom za nasad drške.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 319

Materijal / tehnika: željezo / kovanje

Dimenzije (mm): d. 81; š. oštrice 13; š. drške 5

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.



12.

Opis: Ulomak okova drvene vedrice sa zakovicom.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 319

Materijal / tehnika: željezo / kovanje

Dimenzije (mm): 1) v. 25; š. 41; deb. 2-4

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.



13.

Opis: Dio okova drvene vedrice.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 319

Materijal / tehnika: željezo / kovanje

Dimenzije (mm): 1) v. 10-12; pr. 160; deb. 1,5-2

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.



14.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašen česljastim valovnicama.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 320

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 80; š. 93

Datacija: 2. polovina 8. – početak 9. st.



15.

Opis: Ulomci pekača od lijepa / ognjišta (?).

Lokalitet: Virje – Sušine 2014., SJ 436

Materijal / tehnika: glina / ručna izrada

Dimenzije (mm): 1) v. 34; š. 100; deb. stijenke 18-29; 2) š. 83; deb. stijenke 15-28; 3) v. 47; š. 46; 4) v. 46; š. 69

Datacija: 8. st.

16.

Opis: Rekonstruirani lonac ukrašen snopom horizontalnih linija ispod kojeg su isprepletene češljaste valovnice.

Lokalitet: Virje – Sušine 2014., SJ 436

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 223; pr. ruba 163 ; pr. dna (rek.) 110

Datacija: 8. st.



17.

Opis: Jednobridni nožić s djelomično sačuvanim trnom za nasad drške.

Lokalitet: Virje – Sušine 2014., SJ 436

Materijal / tehnika: željezo / kovanje

Dimenzije (mm): d. 93; v. 1,3; š. 2

Datacija: 8. st.



18.

Opis: Ulomak dna s kružnim udubljenjem od lončarskog kola.

Lokalitet: Virje – Sušine 2014., SJ 436

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): š. 102; deb. stijenke 9-12; pr. udubljenja 28

Datacija: 8. st.



19.

Opis: Ulomak dna s kružnim udubljenjem od lončarskog kola.

Lokalitet: Virje – Sušine 2014., SJ 436

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): š. 108; deb. stijenke 12-16; pr. udubljenja 17

Datacija: 8. st.



20.

Opis: Kasnoantički novac.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: bronca / kovanje

Dimenzije (mm): š. 13; deb. 1

Datacija: 3. / 4. st, u kontekstu 1. polovine 8. st.





21.

Opis: Ulomci lonca koji je na gornjem dijelu ukrašen češljastom valovnicom i snopom horizontalnih linija, postavljenima u dva reda.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 210; pr. ruba 170; pr. dna 140

Datacija: 1. polovina 8. st.



22.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašen češljastim valovnicama.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 102; š. 132

Datacija: 1. polovina 8. st.



23.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašen češljastim valovnicama.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 98; š. 125; pr. ruba 125

Datacija: 1. polovina 8. st.



24.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašen češljastom valovnicom i češljastim zarezima.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 65; š. 88; pr. ruba 90

Datacija: 1. polovina 8. st.



25.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca ukrašen češljastim valovnicama.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 99; š. 130

Datacija: 1. polovina 8. st.

26.

Opis: Ulomci gornjeg djela lonca ukrašen češljastim valovnicama.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 136; š. 140

Datacija: 1. polovina 8. st.



27.

Opis: Pršljen za vreteno.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: glina / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 17; pr. 24; pr. otvora 9

Datacija: 1. polovina 8. st.



28.

Opis: Pršljen za vreteno.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: glina / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 16; pr. 30; pr. otvora 10

Datacija: 1. polovina 8. st.



29.

Opis: Pršljen za vreteno ukrašen s 11 točkica / uboda.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: glina / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 15; pr. 30; pr. otvora 10

Datacija: 1. polovina 8. st.



30.

Opis: Ulomak pršljena za vreteno ukrašen ubadanjem.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 119

Materijal / tehnika: glina / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 20; š. 23

Datacija: 1. polovina 8. st.





31.

Opis: Ulomci lonca ukrašen češljastim valovnicama i snopovima horizontalnih linija.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 121

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 116; š. 149

Datacija: 1. polovina 8. st.



32.

Opis: Ulomak gornjeg dijela lonca ukrašen dvjema horizontalnim linijama.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 121

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 64; š. 93

Datacija: 1. polovina 8. st.



33.

Opis: Ulomak dna lonca.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 121

Materijal / tehnika: keramika / sporo lončarsko kolo

Dimenzije (mm): v. 69; pr. dna 120

Datacija: 1. polovina 8. st.



34.

Opis: Ulomak gornjeg dijela lonca.

Lokalitet: Hlebine – Dedanovice 2018., SJ 8

Materijal / tehnika: keramika / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 58; š. 53

Datacija: sredina 7. st.



35.

Opis: Bikonična perla.

Lokalitet: Hlebine – Dedanovice 2018., SJ 8

Materijal / tehnika: staklena pasta / kalup

Dimenzije (mm): v. 5; pr. 4,5

Datacija: sredina 7. st.

36.

Opis: Trapezoidni sedlasti brus.

Lokalitet: Hlebine – Dedanovice 2018., SJ 10

Materijal / tehnika: kamen / glačanje

Dimenzije (mm): v. (max) 45; š. 66; d. 32

Datacija: sredina 7. st.



37.

Opis: Ulomci manjeg lonca.

Lokalitet: Hlebine – Dedanovice 2018., SJ 10

Materijal / tehnika: keramika / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 137; š. 63

Datacija: sredina 7. st.



38.

Opis: Ulomak donjeg dijela lonca.

Lokalitet: Hlebine – Dedanovice 2018., SJ 16

Materijal / tehnika: keramika / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 82; š. 86; pr. dna 70

Datacija: sredina 7. st.



39.

Opis: Ulomci gornjeg dijela lonca.

Lokalitet: Hlebine – Dedanovice 2018., SJ 27

Materijal / tehnika: keramika / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 74; š. 75

Datacija: sredina 7. st.



40.

Opis: Ulomak gornjeg dijela manjeg lonca.

Lokalitet: Hlebine – Dedanovice 2018., SJ 27

Materijal / tehnika: keramika / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 82; š. 46

Datacija: sredina 7. st.





41.

Opis: Ulomci donjeg dijela većeg lonca.

Lokalitet: Hlebine – Dedanovice 2018., SJ 27

Materijal / tehnika: keramika / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 114; š. 177; pr. dna 110

Datacija: sredina 7. st.



42.

Opis: Ulomci talioničke zgure s dna peći. Gornja površina hrapava, na donjoj površini vidljiv otisak jame ognjišta peći, zalijepljen pijesak. Konkavno-konveksnog presjeka.

Lokalitet: Virje – Volarski breg 2008., SJ 8a

Materijal / tehnika: željezna zgura

Dimenzije (mm): š. 150, duž. 210, deb. 45; težina (g): 1830



43.

Opis: Ulomak talioničke zgure ispuštene izvan peći, gornja površina ravna, jednolično solidificirana i glatka, donja površina neravna, namreškana. Planokonveksnog presjeka.

Lokalitet: Virje – Volarski breg 2008., SJ 14

Materijal / tehnika: željezna zgura

Dimenzije (mm): duž. 121, š. 120, deb. 40; težina (g): 943 g



44.

Opis: Ulomak talioničke tekuće zgure ispuštena izvan peći, gornja površina razvedena na pojedinačne tokove izljeva, glatka, donja površina neravna, namreškana. Planokonveksnog presjeka.

Lokalitet: Virje – Volarski breg 2008., SJ 79

Materijal / tehnika: željezna zgura

Dimenzije (mm): duž. 158, š. 169, deb. 51; težina (g): 2046



45.

Opis: Otisak lista johe na stijenci talioničke peći.

Lokalitet: Virje – Sušine 2013., SJ 314

Materijal / tehnika: glina / ručna izrada

Dimenzije (mm): v. 47; š. 79

Datacija: 4. / 5. st.

46.

Opis: Kovačka zgura. Polovina (?) komada zgure nastale pri primarnom kovanju. Površina korodirana. Tlocrtno polukružnog oblika, planokonveksnog presjeka. Magnetična.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2016., SJ 5a

Materijal / tehnika: željezna zgura

Dimenzije (mm): š. 75, duž. 137, deb. 45; težina (g): 792



47.

Opis: Kovačka zgura. Cjelovit komad kovačke zgure nastale u primarnom kovanju. Površina hrapava s obje strane, pri dnu vidljivi sitni otisci ugljena. Tlocrtno kružnog oblika, presjek nepravilan, planokonveksan. Porozna struktura vidljiva u presjeku.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2016., SJ 7

Materijal / tehnika: željezna zgura

Dimenzije (mm): š. 134, duž. 140, deb. 20; težina (g): 430



48.

Opis: Stijenka peći s umetnutom sapnicom.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 102/90

Materijal / tehnika: glina, stijenska peći građena je sustavom slaganja glinenih valjaka.

Dimenzije (mm): v. 220, š. 150, deb. 40; sapnica: pr. unutrašnji: 30, pr. vanjski 65, duž. 75



49.

Opis: Ulomak talioničke zgure i stijenske peći. Zgura iz unutrašnjosti peći, površina razvedena s ostacima otisaka nedogorenog ugljena. Priljepljena uz stijenkicu peći. Pri dnu vidljiva četiri paralelna traga isteka koja se spajaju u jedan masivniji istek.

Lokalitet: Hlebine – Velike Hlebine 2017., SJ 113

Materijal / tehnika: željezna zgura

Dimenzije (mm): š. 90-120, deb. 100; težina (g): 2034



50.

Opis: Močvarna željezna ruda s tragom pluga.

Lokalitet: Kalinovac – Hrastova greda 2020.

Dimenzije (mm): v. 290; š. 235; deb. 107; težina (g): 7460





# TAJNE ŽELJEZA

Galerija Koprivnica

19. 6. – 19. 7. 2020.

---

## IZLOŽBA

### Organizacija:

Muzej grada Koprivnice  
Institut za arheologiju

### Autori:

Ivan Valent  
Robert Čimin  
Tajana Sekelj Ivančan  
Tena Karavidović

### Likovni postav:

Ivan Valent  
Robert Čimin

### Tehnička realizacija:

Saša Hrenić  
Renato Horvat

### Video i zvuk:

Robert Čimin  
Tena Karavidović

### 3D rekonstrukcija peći:

Robert Čimin  
Dinko Tresić Pavičić, Kaducej d.o.o.

## KATALOG

### Nakladnik:

Muzej grada Koprivnice

### Za nakladnika:

Robert Čimin

### Urednik kataloga:

Robert Čimin

### Autori tekstova i kataloških jedinica:

Tajana Sekelj Ivančan  
Ivan Valent  
Tena Karavidović  
Robert Čimin

### Fotografije:

Muzej grada Koprivnice  
Institut za arheologiju  
Ivan Brkić

### Oblikovanje / priprema za tisak:

Robert Čimin

### Tisak:

ROBI Koprivnica

### Naklada:

300

### ISBN:

978-953-8138-47-8

---

Izložba i katalog izložbe realizirani su uz potporu  
Grada Koprivnice i Hrvatske zaklade za znanost.



**TransFER**

