

Povijesni pregled metalurških aktivnosti na tlu Republike Hrvatske

Lazić, Ladislav; Zovko Brodarac, Zdenka

Source / Izvornik: **Godišnjak 2019. Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, 2020, 251 - 267**

Book chapter / Poglavlje u knjizi

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:115:939959>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF METALLURGY

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



Povijesni pregled metalurških aktivnosti na tlu Republike Hrvatske

Prof. dr. sc. **Ladislav Lazić**,

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, lazic@simet.unizg.hr

Izv. Prof. d. sc. **Zdenka Zovko Brodarac**, član suradnik HATZ-a,

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, zovko@simet.unizg.hr

***Sažetak:** Metalurške aktivnosti vezane za bakreno i brončano doba na tlu Republike Hrvatske prisutne su u periodu od 6000 godina, a i proizvodnja željeza pojavila se gotovo u isto vrijeme s početkom željeznog doba na tlu Europe. U uvodu rada istaknuta je važnost proizvodnje metala iz ruda u povijesti razvoja ljudskog roda. U nastavku je prikazan povijesni razvoj metalurških aktivnosti na tlu Republike Hrvatske u razdobljima Starog doba, Srednjeg vijeka, Novog vijeka te nakon Prvog svjetskog rata do današnjih dana. Iz razloga što je nemoguće izdvojiti razvitak metalurgije na ovom prostoru bez za nju vezanog rudarstva daje se i kratki prikaz rudarenja na rude metala. Posebice je dan naglasak na povijesni pregled rudarstva i metalurgije na području Trgovske gore. Naime, metalurgija se na području Siska i Banovine razvila od vučedolske kulture te Ilira, Kelta i Rimljana koji su rudarili na području Trgovske gore na rude bakra, željeza i srebronosne rude olova te ih prerađivali u gotove proizvode.*

***Ključne riječi:** metalurgija, povijest, Republika Hrvatska*

1. Uvod

Povijest razvoja ljudskog roda najuže je povezana s razvojem materijala. Upravo su različiti materijali, koji su pretežno bili upotrebljavani u pojedinim epohama, obilježili velika povijesna razdoblja. U pretpovijesnom razdoblju, podijeljeno na **Starije kameno doba** ili **Paleolitik**, i **Mlađe kameno doba** ili **Neolitik**, kamen je bio glavni materijal od kojega je čovjek izrađivao oruđe i oružje. Tijekom Neolitika pojava **pisma**, prije nešto više od 5000 godina, i razvoj novih materijala (posebice metala) uvodi čovjeka u povijesno doba. Mogu se izdvojiti tri bitna povijesna razdoblja povezana s razvojem metalurgije: **bakreno**, **brončano** i željezno doba.

Čovjek je počeo oko 5500. g. pr. Kr. upotrebljavati samorodne metale bakar, srebro i zlato, te meteorsko (telurno) željezo. Međutim, prvi metal dobiven iz rude bio je

bakar. Prema nalazima, najvjerojatnije prvotno je proizveden na području gorja El-brus u Armeniji, oko 4300. g. pr. Kr. Uporaba bakra (uz gotovo istovremene nalaze olova i zlata) u Europi počinje 5500. g. pr. Kr. upravo u njenom jugoistočnom dijelu. Mala tvrdoća bakra rezultirala je pojavom metalnih predmeta (sjekire, čekići i nakit) koji imaju više statusni simbol, nego uporabnu vrijednost.

Drugi veliki pomak u metalurgiji dogodio se s pojavom brončanih predmeta, kada prvi puta metal preuzima primat nad kamenom (rožnjak, kvarc i opsidijan) u izradi oruđa i oružja. Ali bronca, kao prva proizvedena legura dodavanjem kositra bakru, ima prethodnika približno iste tvrdoće i čvrstoće u tzv. arsenskom ili antimonskom bakru ili kako mnogi smatraju arsensko/antimonskoj bronci, koja je kao tvorevina nastala iz kompleksne rude – tenantita $((\text{Cu,Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13})$ i tetraedrita $((\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13})$.

Treće doba nastupa puno kasnije, s pojavom željeza. Premda su prije više od 4000 g. pr. Kr. ljudi otkrili meteorsko željezo, o čemu svjedoče mnogi pronađeni željezni alati iz tog pretpovijesnog doba, željezno doba počelo je otkrićem taljenja iskopane rude željeza. Smatra se da je prvo željezo iz rude željeza proizvedeno u Armeniji od strane plemena Calybe, podanicima Hittitskog carstva, oko 1500. g. pr. Kr. Kad se njihovo carstvo srušilo oko 1200. g. pr. Kr., različita plemena preuzela su znanja o proizvodnji željeza i širile ga po Europi i Aziji. Postoji nekoliko teorija na koji su način prvi rudari i metalurzi spoznali kako mogu iz oksidnih ruda željeza proizvesti željezo, ali vjerojatno je to bilo slučajno kao uzgredni produkt pri proizvodnji bakra ili bronce, gdje se ruda željeza dodavala kao talitelj. Budući da je željezo u Zemljinoj kori najrasprostranjeniji metalni element, različiti narodi počinju se baviti proizvodnjom željeza na sličan način u sličnim pećima, jer funkcionalno sam proces je bio praktično isti.

Na tlu Europe prijelaz iz brončanog u željezno doba bio je proces koji je trajao od 10. do 5. st. pr. Kr. i označava se kao rano željezno doba. Tom dobu korespondira halštatska kultura koja je dobila naziv prema groblju pronađenom u blizini mjesta Hallstadta u Austriji. Naime, željezno doba u središnjoj Europi podijeljeno je u dva razdoblja: **rano željeznu halštatsku kulturu** (800. – 450. g. pr. Kr.) i **kasno željeznu latensku kulturu** koja traje od 450. g. pr. Kr. do rimskih osvajanja.

2. Razvitak metalurgije na tlu Republike Hrvatske

2.1 Staro doba

U ovom poglavlju opisan je razvoj metalurgije na tlu Republike Hrvatske tijekom Starog doba i Antike kao posljednjeg razdoblja Starog vijeka.

Tragovi rudarenja na tlu Hrvatske iz pretpovijesnog razdoblja nisu uočeni, ali u Rudama kraj Samobora pronađen je najstariji tip bakrene sjekire stare oko 4000 g. pr. Kr., kakve su se inače nalažene na ležištima ruda bakra, a rabile se u tadašnjim rudnicima. Naime, na području Ruda bila su bogata gnijezda halkopirita pa čak i samorodnog bakra. Taj se nalaz od prije 6000 godina može smatrati najranijim dokazom rudarenja i metalurgije na području današnje Hrvatske [1].

U Hrvatskoj su se predmeti od arsensko/antimonske bronce pojavili oko 3500 g. pr. Kr. s tzv. **badenskom kulturom**, i među najstarijima su na svijetu. Ova prva indoeuropska kultura nastala je kao rezultat seoba naroda sjeverno od Kavkaza, na prostoru gdje nema oksidnih ruda bakra, kao npr. kuprita, pa su tamo tetraedrit i tenantit prve rude bakra na koje su nailazili.

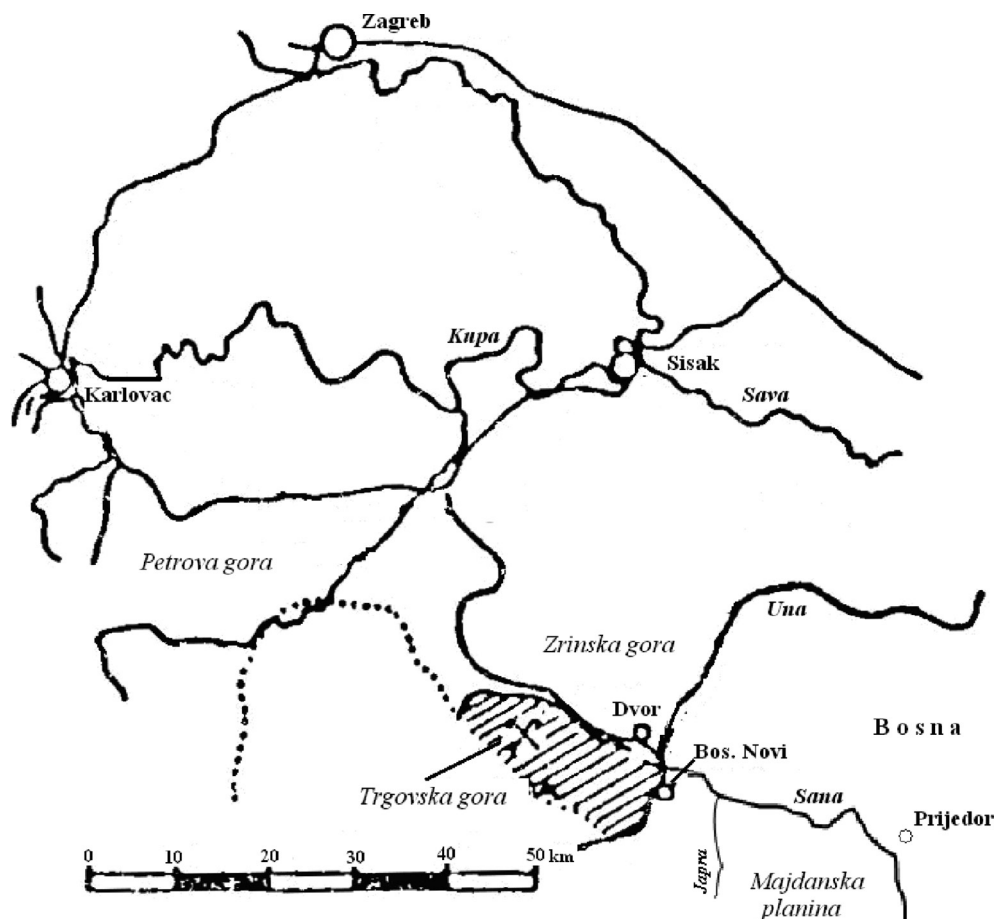
Metalurgija arsenske bronce s badenskom kulturom, koja se uglavnom smjestila uz desnu dunavsku obalu, u Hrvatskoj ima nekoliko većih središta od kojih se ističu Vučedol (kod Vukovara) i Sarvaš (nedaleko Osijeka). Kroz teritorij Hrvatske prolazio je i jedan od najstarijih putova koji su jezgru kulture smještenu uz Dunav snabdijevali njima toliko potrebnom arsenskom broncom. Trasom Vučedol – Petrovci – Vinkovci – Borinci – Stari Mikanovci, Đakovo – Klokočevik – Donja Vrba – Gornja Bebrina, na Savi kod Slavanskog Broda, u Panonsku je nizinu stizala tenantitna ruda iz za njih najvažnijih ležišta smještenih u dolini Vrbasa uzvodno od Banje Luke. Ovaj put napravljen prije svega iz tehnoloških potreba, na kojem je na svakih dvadesetak kilometara bio smješten po jedan badenski lokalitet, postao je najvažnija komunikacija tijekom čitave povijesti do sredine 20. st. spajajući dva dijela Slavonije kroz nepreglednu hrastovu šumu [2].

Novi, još snažniji razvoj metalurgija je doživjela u vrijeme **vučedolske kulture**, koja se razvija nakon badenske, na njoj matičnom lokalitetu – Vučedolu. To razdoblje od 3000. do 2500. g. pr. Kr. može se nazvati praskozorjem Europe i uvodom u pisanu povijest. Vučedolskoj su kulturi suvremenici prve države i pojava pisma u Mezopotamiji i prvi faraoni u Egiptu [2]. Bio je to veliki napredak kada je na tim prostorima kamen, kao neolitički graničnik i međaš, zamijenjen metalom. U sve većoj potražnji za rudom bakra, dolazi do širenja vučedolske kulture iz matičnog područja (u istočnoj Slavoniji) na rudna područja širom srednje i jugoistočne Europe.

To je bila neka vrsta “proto-industrijske revolucije” u Europi jer se dio populacije stočarskog društva opredjeljuje za još prosperitetnije zanimanje – metalurgiju. Posvetivši se preradi rude i serijskoj (normiranoj) proizvodnji metala, unijeli su u metalurgiju bakrenog i brončanog doba sve značajne inovacije (kupolaste peći, dvodijelne i višedijelne glinene kalupe, mijeh, legiranje itd.). Vučedolska kultura zatvorila je svoj životni put oko 2400 g. pr. Kr. u doba prodora trećeg seobenog vala Indoeuroljana [3].

Pri svom kraju, kada ponestane tenantitne i tetraedritne rude, vučedolska kultura morala je potražiti nova nalazišta ruda bakra. Nalaze ih na području Trgovske gore gdje je prema F. Tućanu bilo i elementarnog bakra kao prevlake preko halkopiritne rude [4]. Vučedolska kultura radi svojih potreba za metalom naselila je i lokalitet Osječenicu iznad sela Gorička (kraj Dvora) na Banovini. Od tog vremena vučedolska kultura je čvrsto na današnjem prostoru Banovine. Zakratko nastupaju veliki problemi jer nova ruda – halkopirit ne daje leguru, već čisti bakar. I upravo je u vučedolskoj kulturi, prema današnjim pokazateljima, bakru dodan kositar i na taj način stvorena je najranija danas poznata bronca [5].

Za razvoj metalurgije na području Siska i Banovine ključnu ulogu je imala Trgovska gora na kojoj su se nalazila najveća ležišta ruda metala na hrvatskom tlu (Sl. 1). Naime, područje Zrinske gore izgrađuju sedimentne, magmatske, ultramafitne i metamorfne stijene, kronostratigrafskog raspona od paleozoika do kvartara. Glavna



Sl. 1. Položaj Trgovske gore [6]

ležišta i pojave metala vezana su za granično područje Zrinske i Trgovske gore na potezu Gvozdansko – Trgovi s obje strane potoka Žirovac [7]. Prevladava mišljenje da su željezna, bakarna, olovna i baritna ležišta na Trgovskoj gori gornjopaleozojske starosti i da pripadaju hercinskoj metalogenoj epohi. Formirana su u marinskoj sredini, a orudnjenje je vezano na submarinski vulkanizam [8]. Temeljem analize uzoraka galenita L. A. Palinkaš [9] smatra da je proces mineralizacije nastupio kasnije u odnosu na prvotne stijene, tj. epigenetskim mehanizmom, magmatskim aktivnostima u trijasu (početak mezozoika) koje su započele u permu (kraj paleozoika). Paleozoik Trgovske gore je sjeverozapadni nastavak znatno većeg i metalogenetski važnijeg Unsko-sanskog paleozoika, područja koja se nalaze između gradova Bosanskog Novog, Prijedora i Sanskog Mosta. U paleozoiku tog područja, južno i istočno od grada Prijedora, nalaze se najveća ležišta ruda željeza Ljubija i Tomašica [10].

Banovina se u kasno brončano doba intenzivno naseljava (od 12. st. pr. Kr.), kako južno tako i sjeverno od Zrinske gore do Kupe [11]. Vjerojatno je u to doba otvoren i sjeverni put preko Zrinske gore jer od vremena vučedolske kulture postoji komunikacija uz Unu. Prelaskom sljemena Zrinske gore, samo 5 km južno od Malog Gradca, otvara se put na Unu i dalje preko Bihaća u središte Dalmacije. Time se otvorio jedan od najznačajnijih povijesnih pravaca koji su povezali Jadran s Panonijom. Zbog njega je nikao i opstao Sisak kao ključno mjesto u tom sudaru kultura.

Prvo naselje na današnjem položaju Siska izgrađeno je u 8. st. pr. Kr. radi važnog komunikacijskog položaja na Savi, a egzistenciju je osiguravalo prije svega proizvodnjom željeza iz rude koja je dopremana iz Trgovske gore. Ovo naselje iz ranog željeznoga doba (halštatskog perioda) i njegova veza sa željezom najvjerojatnije je uzrokom da i Kelti, u kasnijem željeznom dobu došavši u Panonsku nizinu, upravo ovdje osnivaju svoje najvažnije naselje. Kao najveći znalci u proizvodnji željeza, koji i svoju europsku ekspanziju imaju zahvaliti upravo osvajanjem temeljenom na tom znanju, samo su iskoristili već dane predispozicije u postojećem položaju i ovdje utemeljili naselje Segesticu. U Goričkoj (Osječenici) su, kao slučajni nalazi, nađene dvije noričke tetradrahme (keltski srebrni novac) i jedan rimski republikanski denar iz 84. g. pr. Kr., što govori o zajedničkoj cirkulaciji oba novca, ali i keltskoj i rimskoj vezi s tim područjem [12]. Prema nalazima keltskog novca na Osječenici i Kelti su u Segestici orijentirali svoju proizvodnju željeza isključivo na eksploataciji ruda željeza iz Trgovske gore. Ni njima, kao ni njihovim prethodnicima, nisu bile dostupne velike rezerve ruda željeza iz sjeverozapadne Bosne, one između Une i Sane, na čijem prostoru egzistira druga značajna metalurška populacija, ilirski Mezeji.

Jugozapadni dio Zrinske gore i Trgovska gora bili su značajan rudonosni potencijal, a tvorili su cjelinu s onim na Sani, Japri i Uni tek kad Rimljani poraze i Mezeje i Kelte te preuzmu kontrolu na cijelom ovom području. Izuzetno značajne *offici-*

nae ferrariae (talionice) uz Japru i Sanu nadopunjuju se uz rude željeza i rudama obojenih kovina (bakar, olovo i srebro) na području Zrin, Čatrnja, Srebrenjak i Gradski potok na Trgovskoj Gori. U antičko doba rude željeza obično su se talile u malim ognjišnim glinenim ili kamenim pećima cilindričnog oblika visine oko 1 m i promjera od 0,35 do 0,40 m [13]. Rimljani distribuiraju željezne materijale na dva načina, bilo kao izravan proizvod koji bi se staložio na dnu peći, tj. grumen “spužvastog željeza” s primjesama troske i rude mase 20-30 kg, ili su taj grumen, tzv. “željezni cvijet”, prekivali u otkivke mase 3-5 kg namijenjene za daljnju obradu. Sirovi željezni otkivci ili gotovi proizvodi dopremeni su u Sisciju iz tih najbližih rudnika željeza navedenom cestovnom trasom Gorička – Mali Gradac – Siscia. Tako je čitav kraj bio pod dominantnom kontrolom gradine Osječenica. Ta je gradina, sa svojim dugim kontinuitetom naseljavanja od vremena ranog brončanog doba do kraja antike, kao prilaz Zrinskoj gori južni pandan gradini u Malom Gradcu koja se nalazi s njezine sjeverne strane. Usvoji li se pretpostavka da davno nađeni dio rimskog žrtvenika iz Goričke predstavlja carinski natpis, tada je neprijepono da se južno od toga položaja nalazi rimska provincija Dalmacija. Tako se na najkraćem putu od Siscije prema rudnicima mora proći kroz Mali Gradac (pretpostavljeni *Ad Fines* s panonske strane), doći na vrh Zrinske gore (kao granicu) i spustiti na jug do Goričke gdje je mogla biti carinska kontrola s druge strane granice (ona u Dalmaciji) [12].

Značaj predrimskog naselja iz ranog željeznoga doba na položaju današnjeg Siska imao je zahvaliti svoju egzistenciju toj komunikaciji, a keltska je Segestica osobito potencirala ovu trasu. Prema nalazu rimskog denara u Gorički može se pretpostaviti da su Rimljani držali pod kontrolom utvrdu Osječenicu već za vrijeme njihove opsade Segestice. Naime, od 156. g. pr. Kr. Rimljani nastoje osvojiti Panoniju. U 35. g. pr. Kr. Oktavian August osvaja i razara Segesticu, da bi potom na drugoj, lijevoj obali, utemeljio novo naselje Sisciju [14].

Već uhodanu proizvodnju željeznih proizvoda na ovom teritoriju preuzimaju Rimljani. U njihovo doba metalurgiji se posvećivala posebna pažnja radi potrebe za oružjem. Za cjelokupna trajanja rimske prevlasti u Panoniji, u Sisciji na obali Kupe rade velike radionice za proizvodnju oružja. Na desnoj obali Kupe današnjeg Siska (poziciji nekada antičke Segestice), vide se za vrijeme niskog vodostaja preko 200 drvenih trupaca zabijenih u korito rijeke. Ova pozicija se inače naziva “mint”. Može se smatrati da je u rimsko doba služila kao pristanište za pretovar roba ili eventualno su se tu nalazile i kovačnice u kojima su korišteni veliki mjevovi pokretani vodenim pogonom. U doba cara Galijena, u drugoj polovici 3. st., u Sisciji je otvorena kovnica novca.

Vrlo je vjerojatno da se u rimsko vrijeme, zbog naraslih potreba za željezom, otvara i komunikacija rijekama (Kupa, Sava, Una, Sana i Japra) te je tom trasom skrenula i glavina prometa roba. Naime, uz rijeku Sanu (Stari Majdan) te uz rijeku

Japru (Blagaj i Moslavare) pronađene su velike količine troske, s prosječnim udjelom od 47-48 % Fe i 2-3 % Mn, koje potječu isključivo iz rimskog doba [14]. U gospodarstvo Siscije uključila se tada i čitava trasa uz Unu, od Sane i Japre do ušća u Savu. Cjelokupni sustav metalurških radionica uz Unu radio je za tržište Siscije. Tome u prilog ide i skupni nalaz, nizvodno od Hrvatske Dubice, od 97 željeznih otkivaka kao poluproizvoda prosječne mase od 4,40 kg. Rijekama su u Sisciju dopremani željezni poluproizvodi i gotovi proizvodi, a obrnutim je smjerom čak do Japre stizala, uz ostale proizvode, i opeka iz Siscije [15].

Može se pretpostaviti da je u Sisciji bilo prerađeno u gotove proizvode, a dijelom samo administrativno prošlo, oko milijun t željeza. Posebice se proizvodnja intenzivirala od vremena cara Septimija Severa do smrti Teodozija II 423. g., a sporadično se nastavila do smrti ostrogotskog vladara Teodorika 511. g. Kovnica novca u Sisciji intenzivno radi do doba cara Teodozija (408.-450. g.), kada i prestaje s radom. U rimskoj Sisciji proizvodilo se dnevno i do 10 t željeznih proizvoda [12].

2.2 Srednji vijek

U srednjem vijeku, tj. od oko 500 do oko 1500 godine, propašću Rimskog Carstva zamrla je i rudarska aktivnost, a obnovljena je dolaskom Sasa krajem 10. i početkom 11. stoljeća. Rudišta rude olova bila su locirana u dolini Malog Majdana, a manjim dijelom u području Srebrenjaka i Tomašice, dok se ruda željeza kopala u ostalim lokalitetima Trgovske gore. Rudarilo se na primitivan način korištenjem isključivo ljudskog rada i vodene energije.

Od tog se doba uz kraće prekide nastavlja iskorištavanje rudnih ležišta koje svoj puni zamah dobiva tek 1463. g. Naime, te godine kralj Matija Korvin izdaje grofu Petru Zrinskom, za njegove zasluge, dozvolu za trajno iskorištavanje rudnika zlata, srebra, bakra i drugih kovina. Tom se povlasticom Zrinski najprije koristio za rudarenje u Gvozdanskom na Banovini, a potom i za otvaranje rudnika na Zagrebačkoj gori i u Gorskom kotaru (Lič i Čabar).

Za obranu rudnika od turskih napada, Zrinski 1488. g. podiže tvrđavu Gvozdansko čiji ostaci i danas svjedoče o značajnom povijesnom razdoblju Banovine. Provale Turaka preko Une postaju sve češće, da bi nakon niza pokušaja 1578. g. osvojili grad Gvozdansko nakon herojskog otpora branitelja. Pošto su razrušili tvrđavu Turci su potopili sva rudarska okna. Prošlo je više od stotinu godina do ponovnog otvaranja rudnika.

Također, i u drugim krajevima Hrvatske, pojavljuju se u 15. st. prve stalne ljevaonice. Prva dubrovačka ljevaonica topova, isprva kovnica, osnovana je 1410. g. na Pilama. Prva stalna zagrebačka ljevaonica zvona utemeljena je 1456. g., a osim zvona lijevali su se različiti brončani predmeti, a u doba obrane od Turaka i topovi. [1].

2.3 Novi vijek

Na početku 16. st. otvara se rudnik u Rudama kraj Samobora (prema zapisima 1528. g.) u kojima se rudarilo na rude bakra, a bakar se proizvodio taljenjem rude u tamošnjim pećima. Godine 1582. otvorene su i dvije kovačnice, a bakar se izvozio preko Dubovca (danas Karlovac). U Rudama se od 1850. do 1960. g. eksploatirala i ruda željeza, a željezo se proizvodilo u visokoj peći u koju je zrak upuhivan pomoću kompresora pogonjenog parnim strojem. Odljevci od željeznog ljeva proizvodili su se u tamošnjoj ljevaonici [1].

Prvu manufakturnu proizvodnju roba na osnovi željeza na hrvatskom tlu osnovao je Petar IV. Zrinski u Čabru, izgradivši 1651. g. peć za taljenje, ljevaonicu i kovačnicu. Proizvodio je čavle, potkove, obruče, mužare, sjekire, motike, pijuke, vile, predmete za kuhinju te željezne šipke za kovače i bravare. Pogubljenjem Zrinskog 1671. g. došlo je do zastoja u proizvodnji. Proizvodnja je obnovljena izgradnjom, nove visoke peći 1685. g. Pomanjkanjem rude željeza u okolici Čabra te gubitkom tržišta, zbog utjecaja kranjskih i koruških manufaktura, proizvodnja željezne robe u Čabru prestala je 1785. g. [1].

Na prijelazu iz srednjeg u rani novi vijek najintenzivnije rudarenje na srebronosne galenite na Trgovskoj gori odvijalo se u 15. i 16. st. (1463.-1578. g.), prije svega radi srebra koje su grofovi Zrinski u vrijeme kralja Ferdinanda I (1527.-1564. g.) pa i ranije, rabili u svojoj kovnici u mjestu Gvozdanskom. U to doba u dolini potoka Majdana postoji veći broj manjih rudnika (najpoznatiji je "Leopold") i 17 talionica za olovo i srebro. O proizvodnji srebra zabilježeno je tek da je 1532. g. proizvedeno 30 000 dukata (104,7 kg), a u tri mjeseca 1540. g. 1.100 lota (16,2 kg). Prema prosudbama, izvađeno je u razdoblju 1463.-1578. g. od 25 000 do 40 000 t ruda olova te proizvedeno 2000-4000 t olova i 800-1400 kg srebra [10].

Kovnica novca radila je u vrijeme grofova Nikole III Zrinskog (1493.-1534. g.) i Nikole IV Zrinskog (1508.-1556. g.). Prestala je raditi smrću Nikole III 1534. g., ali ima pokazatelja da je ponovo aktivirana 1546. g. Ali, to nije moglo dugo potrajati zbog najezde Turaka 1561. g. U kovnici su kovani taliri od finog srebra (ϕ 25 mm, mase oko 5,5 g) i denari (1/60 talira, ϕ 14,0-16,8 mm, mase 0,51-0,61 g) [10], **SI 2**. Godine 1696. zabilježeno je da su u okolici Hrastovice zapaženi stari rudnici ruda željeza. No ne zna se jesu li za svoje potrebe rudarili mještani ili možda grofovi Zrinski, inače vlasnici rudnika u Trgovskoj gori [10].

Poslije povlačenja Turaka u drugoj polovici 18. stoljeća počela su vrlo intenzivna istraživanja rudnog blaga Petrove gore i Banovine temeljem odredbe Marije Terezije iz 1770. g. U razdoblju 1768.-1788. g. težište je bilo na istraživanju ruda bakra u širem području Gradskog potoka i Tomašice. Od 1788. do 1832. g. intenzivirano



Sl. 2. Novac iz kovnice Zrinskih u Gvozdanskom od 1520. do 1534. g. [10]

je istraživanje ruda željeza u širem području Gvozdanskog, Resanovića i Kosne [16]. Početno su krenula otkapanja isključivo ruda željeza, a kasnije i ruda bakra (1840.-1874. g), te u minimalnim količinama i ruda olova. Od 1778. do 1805. g. nađene su, između ostalog, i rude željeza na nizu mjesta od Vojnića preko Gvozda do Gline, te od Petrovca do Peckog, kao i tragovi prastarih rovova i peći za taljenje kraj Perne i Maličke. Istraživali su se reviri Zrin i Ferdinand (Čatrnja, južno od Gvozdanskog) te ležišta ruda bakra. Proizvodnja u rudniku Zrin počela je krajem 18. i početkom 19. st., a manja količina rude olova otkopana je od 1858. do 1876. g. kad se u Bešlincu osim bakrove talilo i nešto rude olova (sveukupno oko 100 t). Prema podacima iz 1906. g. ruda iz Zrina sadržavala je 27,45 % olova i 1003 g srebra po toni rude, a ruda olova iz Simona potoka (rudnik "Franc") 24,90 % olova i 1100 g srebra po toni rude [10].

Krajem 18. st. rude željeza u Trgovskoj gori počinje iskorištavati tvrtka "Triester Berggeverkschaft" d.d., koja 1794. g. u Trgovima osniva posebno poduzeće koje je otvorilo rudnike u Kosni, oko Gvozdanskog i Trgova. Izgrađene su kamene visoke peći u Kosni 1804. g. i Trgovima 1806. g. Peć u Trgovima bila je izgrađena uz potok Žirovac, a započela je radom u ožujku 1808. godine. Bila je visoka oko 11 m. U razdoblju 1832.-1838. g. u Trgovima je uz visoku peć radila manja pržna peć u kojoj se oplemenjivala rovna bakrova ruda s 6-8% Cu na 33 % Cu [15]. Rudnici

i peć radili su tridesetak godina slabim intenzitetom zbog francuske okupacije (1809.-1813. g) kao i drugih poteškoća, tako da se proizvodilo svega 15-75 t željeza godišnje. Od 1830. do 1850. g. učestalo se mijenjaju vlasnici trgovskih rudokopa. Dvije godine posjedovao ih je vlasnik koruških rudnika cinka Jakl, potom ih kupuju celovečki trgovci Polenker i Jager, a nakon 1841. g. Steinauer. Unatoč nekontinuiranoj proizvodnji, količina dobivena željeza povećavala se i iznosila je od 150 t do maksimalnih 455 t 1885. g., za što je bilo potrebno iskopati 1137 t rude. Nakon 1832. g. počinje naglo rasti potražnja i za bakrom Trgovske gore pa su 1840. g. otvoreni prvi rudnici, a dvije godine kasnije i talionica ruda bakra u Bešlincu. Sve poslove vodi bečko Ministarstvo poljodjelstva i rudarstva. Godine 1855. rudišta u Gradskom potoku obilazi poznati geolog V. M. Lipold. Potaknut njegovim mišljenjem, rudnike bakra, a i ostale, kupuje 1856. g. bečki trgovac Belgijanac Gilain i osniva poduzeće "Trgovski rudnici i talionica" d.d. Bešlinac. Oko 1870 g. u Trgovskoj gori je aktivno sedam rudnika, u kojima se otkopava ruda sa srednjim sadržajem bakra od 6,5 %. Od 1857. do 1874. g. proizvedeno je 1845 t rude bakra [10].

Stara peć u Trgovima gasi se i ruši 1856. g., da bi već 1857. g. u pogon bila puštena nova 12 m visoka peć. Sirovo željezo voženo je do Save, Savom do Zidanog mosta, a onda vlakom do valjaonice Štore (Celje) i Körösi (Graz) [13]. Nešto prije 1870. g. vlasnikom tvrtke "Trgovski rudnici i talionica" postaje poduzetnik Frohm, koji preuređuje bešlinačku talionicu bakrovih ruda u visoku peć, tako da se rudu željeza talilo i u Trgovima i u Bešlincu. Godišnja proizvodnja željeza u Trgovima 1874. g. iznosila je 545,4 t, a u Bešlincu je još nije bilo. Već iduće 1875. g. proizvodnja u Trgovima je 291,9 t, a u Bešlincu 1247,7 t. Do 1881. g. godišnja proizvodnja je varirala jer su iz različitih razloga talionice bile često van pogona. Osim na rude željeza, u Trgovskoj se gori u drugoj polovici 19. st. neko vrijeme rudarilo i na rude bakra i olova. Kasnije, prerada rude željeza s tog područja koncentrirana je u Bešlincu, a izgrađena je i počela s radom talionica u Velikoj Vranovini (kod Topuskog) s kapacitetom od pola vagona željeza na dan. U 16 m visokoj peći, kao i prije navedenim pećima, umjesto koksa rabio se drveni ugljen. Na **Slikama 3 i 4** prikazane su fotografije kamenih visokih peći u Bešlincu i Velikoj Vranovini iz vremena kada su bile u funkciji.

Likvidacijom tvrtke "Frohm & Kameja" dolazi do prekida rudarenja od 1879. g do 1900. g. Rudarenje je obnovljeno 1901. g. kad peći i rudarska prava otkupljuje društvo "Société anonyme des hauts fourneaux mines et forêts en Croatie Trgo-vo-Bešlinac (Bruxelles)" i osniva "Poduzeće visoke peći" d.d. koje nastavlja s otkopavanjem ruda željeza, ali otvara i rudnik bakrove rude. Ova tvrtka postoji do 1913. g., a godinu dana kasnije kao vlasnik ugašene talionice u Bešlincu spominje se Anglo-njemačka banka u Hamburgu.



Sl. 3. Kamena visoka peč u Bešlincu [Foto: Gradski muzej Sisak]



Sl. 4. Kamena visoka peč u Velikoj Vranovini [Foto: Gradski muzej Sisak]

Pod prvom industrijskom ljevaonicom smatra se tvornica osnovana 1853. g. u Rijeci pod nazivom Ljevaonica metala (Fonderia Metalli), kojoj je 1856. g. promijenjen naziv u Riječki tehnički zavod (Stabilimento tecnico fiumano). U tvornici je 1866. g. razvijen prvi riječki, ujedno i svjetski, uporabljivi torpedo. Tvornica je 1953. g. promijenila naziv u Torpedo. Na riječkom Dolcu, u središtu grada, 1859. g. počela je raditi mala ljevaonica bronce i željeza Fonderia al Dolac di Diracca, Cussar, Skull. Nakon Drugog svjetskog rata Skullov pogon preseljen je u bivšu Tvornicu duhana i nastavio je raditi u sklopu poduzeća Rikard Benčić. Na riječkom je Sušaku 1929. g. osnovana pomorska mehaničarska radionica (od 1931. Sila, od 1933. Vulkan) u čijem je sklopu bila i ljevaonica za sivi lijev i obojene metale

2.3 Razdoblje nakon Prvog svjetskog rata

Nakon Prvog svjetskog rata nastavlja se s vađenjem rude željeza u Trgovskoj gori. Prema statističkim podacima rudarstva Kraljevine Jugoslavije ukupna godišnja proizvodnja željeza u talionicama Topusko (Vranovina) i Bešlinac u razdoblju od 1919. do 1937. g. kretala se između 1000 i 10 000 t, a broj zaposlenika od 8 do 149.

Vlasnikom Bešlinca 1935. g. postaje poduzetnik Schwechart, koji 1936. g. otvara rudnike. Novi se vlasnici, poduzetnici Tič, Gruden i Kaučnik, pojavljuju 1939. g., a 1941. g. Bešlinac kupuje tvrtka "Bata" iz Borova. Najviše su se proizvodili čavli, potkovice i zakovice za cipele, a još i u prvoj godini rata ljevaonica je proizvodila dijelove za bicikle, pribor za jelo i odljevke od sivog lijeva. Krajem 1941. g. zbog ratnih djelovanja proizvodnja u rudnicima i talionici je prestala. Iz dvadesetak aktivnih rudnika iskopano je od 1936. do 1941. g. oko 60 000 t rude. "Bata" je 1945. g. imao još nekoliko rudnih polja (Jankovac, Meterize) te dnevno proizvodio 15 t željeza.

Metalurg ing. Miroslav Tomac, koji je jedno vrijeme radio i u Bešlicu, utemeljio je Rudarsko udruženje Talionica Caprag, organizirano kao dioničko društvo, te projektirao peć sa zavarenim čeličnim plaštem. Radovi na peći započeli su sredinom 1938. g. u Capragu, predgrađu Siska. Peć je puštena u pogon u kolovozu 1939. g. s dnevnom proizvodnjom od 40 t sirovog željeza (SI 5). Izbor lokacije bio je prije svega zahvaljujući prometnoj povezanosti Siska željeznicom te dvjema plovnim rijekama Kupi i Savi, što je omogućavalo jeftiniji i brži transport ruda, koksa i gotovih proizvoda. Također, u to vrijeme, Sisak je imao i raspoloživu radnu snagu. Osnovni nedostatak peći u Talionici Caprag bilo je zagrijavanje zraka u željeznim rekuperatorima, umjesto učinkovitije primjene regenerativnog zagrijavanja zraka u kauperima, što je rezultiralo nižom temperaturom predgrijanja zraka, velikom potrošnjom koksa i nemogućnošću profitabilnije proizvodnje sirovog željeza. Početkom drugog svjetskog rata povećala se potražnja za čelikom, tako da je novim ulaganjima povećana proizvodnja na 60 t dnevno. Uspostavom Nezavisne Države



Sl. 5. Talionica Caprag [Foto: Gradski muzej Sisak]

Hrvatske, u ratnim se godinama, Talionica Caprag suočila sa brojnim poteškoćama u radu zbog manjka radne snage i otežane dobave ruda i koksa što je rezultiralo osjetnim padom proizvodnje.

Nacionalizacijom Talionice u 1946. g. mijenja se i njen naziv u Narodna talionica Caprag. Potkraj 1946. g. došlo je do odluke o izgradnji nove Željezare Sisak na prostoru nasuprot staroj Talionici. U periodu od 1948. do 1956. izgrađen je novi pogon Visoke peći (Talionica), Valjaonica bešavnih cijevi, Ljevaonica, Čeličana i Energana integrirajući na taj način tehnološki proces od željezne rude preko sirovog željeza i čelika do proizvodnje bešavnih cijevi. Također, izgrađene su pomoćna postrojenja, prometnice, otvoreni rudnici željezne rude i kamenolom vapnenca. Od 1952. g. sustavna rudarska istraživanja na prostoru Trgovske gore provodi Željezara Sisak. Posljednji aktivni rudnici ruda željeza u Trgovskoj gori bili su Meterize i Jokin potok (do 1965. g.) i Bukovica (do 1968. g.)

Prva nova visoka peć (VP 2) puštena je u pogon 1949. g., a druga nova visoka peć (VP 3) 1950. g. Bile su volumena 123 m^3 , a zrak je predgrijavan u kauperima na 700 do $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. U 1972. i 1973. g. na obje peći volumen je povećan na $202,9 \text{ m}^3$. Proizvodnja čelika započela je 1954. g. puštanjem u pogon prve Siemens-Martino-ve peći, te druge 1955. g. U 1966. g. puštena je u pogon elektropeć kapaciteta 42 000 t/god, a 1973. g. uvedena je tehnologija kontinuiranog lijevanja. Odluka o

gradnji Koksare u Bakru donesena je 1971. g. Za vrijeme rada Koksare, u razdoblju od 1978. do 1994. g. u sastavu Željezare Sisak, proizvedeno je 13 600 000 t koksa, 544 000 t sirovog katrana i 4 800 000 m³ koksnog plina. Valjaonica traka, gredica i šavnih cijevi puštena je u pokusni pogon 1964. g. Radi potrebe visokostručnog kadra metalurške struke u Sisku u akad. god. 1960./61. započela je nastava na Metalurškom odjelu i Tehnološko pogonskom odjelu za naftu kao sastavnicama matičnog Tehnološkog fakulteta u Zagrebu. Odluka o osnivanju Instituta za metalurgiju donesena je 1981. g. U 1989. g. Željezara Sisak proizvodila je 780 000 t koksa, 365 000 t čelika, 214 000 t sirovog željeza, 114 000 t šavnih cijevi, 73 800 t preciznih šavnih cijevi, 34 000 t hladno vučenih i pilgerovanih, 136 000 t bešavnih cijevi i 3730 t odljevaka.

U vrijeme Domovinskog rata nastupila je opća nelikvidnost privrede, a proizvodi dobiveni zastarjelim postupcima sve su se teže plasirali na inozemno tržište. Obustavljena je proizvodnja aglomerata i sirovog željeza, a prestale su s radom i Siemens-Martinove peći. Proizvodnja čelika nastavljena je s postojećom elektrolučnom peći, koja za sirovinu nije trebala sirovo željezo, nego čelični otpad, koji se uvezio za proizvodnju šavnih i bešavnih cijevi. Proizvodnja čelika reducirana je na 57 % predratnog kapaciteta, proizvodnja koksa na 50%, čelične trake na 17 %, šavnih cijevi na 24 %, bešavnih cijevi na 23%, preciznih šavnih cijevi na 31%, a hladno vučenih i pilgerovanih cijevi na tek 8% nekadašnjeg kapaciteta. Odlukom vlade N. Valentića od 26. rujna 1994. g. Koksara prestaje s radom.

Odlukom Vlade Republike Hrvatske postupak sanacije okončan je 31. 03. 2001., a na prijedlog Fonda za privatizaciju i Rješenjem Trgovačkog suda u Zagrebu od 18. 09. 2001. otvoren je stečajni postupak nad trgovačkim društvom Željezara Sisak d.d. Nakon dva neuspješna procesa privatizacije od strane ruskih tvrtki Truboimpeks i Mechel, Željezara Sisak bila je u vlasništvu američke tvrtke CMC SISAK d.o.o., Sisak. Današnji vlasnik proizvodnje čelika u Sisku je talijanska tvrtka A.B.S. Sisak d.o.o., koja ima tehnologiju proizvodnje čelika s elektrolučnom peći i kontinuiranim lijevanjem okruglih proizvoda promjera od 210 mm do 410 mm i gredica 160x160 i 170x170 mm. Peć ima kapacitet od 75 t za pretaljivanje čeličnog otpada.

U Hrvatskoj, do Domovinskog rata proizvodnja čelika s preradom je bila blizu 450 000 t čelika godišnje. Hrvatska je imala više i drugih metalurških tvrtki od kojih su bile prepoznatljive:

- “Željezara Split” s godišnjom proizvodnjom od 120 000 t (okrugli profili glatkog i rebrastog betonskog čelika, valjana hladno vučena žica i dr.). Nakon rekonstrukcije elektropeći i valjaonice proizvodnja je podignuta na 190 000 t;
- Tvrtke za preradu čeličnog uloška u gotove proizvode: Valjaonica Kumrovec (profili i betonski čelici), Armko – Konjščina (žica), Histria tube – Potpičan (šavne cijevi);
- Tvornice ferolegura (Šibenik, Dugi Rat) s godišnjom proizvodnjom 168 000 t.

U svim navedenim pogonima obustavljena je proizvodnja.

Također, u Hrvatskoj, bila je značajna i proizvodnja aluminija. Prvi blokovi aluminija izliveni su u Tvornici aluminija “Ivanal” u Lozovcu 1937. g, tada jedinoj tvornici te vrste u Europi. Nakon dvije godine proizvedena je i prva glinica. Tvornica je uspješno radila i razvijala se do Drugog svjetskog rata. Konfiskacijom tvornice od obitelji Ivanović 1946. g, registrirana je kao državno poduzeće pod nazivom Tvornica aluminija “Lozovac”. 1948. g. TAL je udružen s bivšim poduzećem ‘Elektroželjezara’ (TEF) u Elektrometalurški kombinat. Samostalnim poduzećem ponovno je postala 1950. g, a 1964. g. udružena je s Tvornicom lakih metala koja je te godine bila izgrađena u Ražinama. Proizvodnja aluminija u TAL-u prestala je granatiranjem pogona na početku Domovinskog rata 1991. g. Prerada aluminija i aluminijskih legura u TLM Šibenik dosegla je godišnju proizvodnju od 120 000 t. Nakon dva neuspješna procesa privatizacije pogone preuzima Grupa Impol od 2016. g. najprije u najam, a zatim postaju i vlasnici šibenske tvrtke koja posluje pod nazivom Impol-TLM.

Važno je napomenuti i značajnu ljevaoničku proizvodnju. Najveću proizvodnju u povijesti hrvatske ljevaonice zabilježile su u periodu 1983.–1987. g., kada su proizvodile između 125 000 t (1983. g.) i 127 000 t (1987. g.) odljevaka na godinu [1]. Tijekom Domovinskoga rata prepolovljena je proizvodnja odljevaka zbog ratnih razaranja i stečajeva pojedinih industrijskih ljevaonica. Tijekom vremena dolazi do oporavka proizvodnje i povećanja konkurentnosti hrvatskih ljevaonica te izvoza na inozemna tržišta. U 2008. g. postignuta je najveća proizvodnja odljevaka. Proizvedeno je 53 921 t odljevaka od ljevova na bazi željeza (74,4%), 16 715 t aluminij-skoga (23,1%) i 1812 t (2,5%) lijeva na osnovi bakra, cinka i olova. Broj zaposlenih iznosio je 4425. Tridesetak industrijskih ljevaonica čini više od 90% ukupne proizvodnje i broja zaposlenih. Ostatak su obrti koji se bave lijevanjem umjetnina, metalne galanterije i suvenira [1]. U Industrijskoj strategiji Republike Hrvatske 2014.–2020. lijevanje metala je svrstano u prvu skupinu, tzv. “pokretača”, velikih izvozno orijentiranih pod djelatnosti koje ostvaruju pozitivan EBITDA i zapošljavaju značajan broj zaposlenih. Prema podacima za posljednju analiziranu 2018. g., u strukturi hrvatske industrijske proizvodnje primarna proizvodnja metala iznosi svega 1,84% kao posljedica nepostojanja ekonomski isplativih nalazišta primarnih sirovina i tržišnih fluktuacija njihove cijene, ali i nedostatka suvremenih proizvodnih kapaciteta. Međutim, valorizacija i izvozna komponenta gotovih metalnih proizvoda ističe se visokim udjelom od gotovo 8,03%, a proizvodnja strojeva i uređaja s 3,12%. Ukupno to čini 12,99% industrijske proizvodnje Republike Hrvatske [18]. U usporedbi s predrecesijskom 2008. g. to čini 71,2% proizvodnje u 117 tvrtki iz grane proizvodnja metala od čega se 61 bavi lijevanjem metala.

3. Zaključak

Već potkraj vučedolske kulture počinje rudarska i metalurška aktivnost na prostoru Trgovske gore da bi se nastavila tijekom halštatskog perioda povezana s naseljem iz ranog željeznoga doba na položaju današnjeg Siska kao i kasnijom keltskom Segesticom. U rimsko doba Sisak (Siscia) i njegova šira okolica postali su jedno od najvećih metalurških središta čitava carstva s metalurškim radionicama za izradu oružja i oruđa te kovnicama novca. Postojale su uhodane vodene i cestovne komunikacije za dopremu poglavito poluproizvoda od željeza u obliku otkivaka kao i za otpremu gotovih proizvoda. Poslije propasti Rimskog Carstva metalurška djelatnost zamire da bi ponovo bila obnovljena krajem 10. st. dolaskom Sasa. U srednjovjekovnom razdoblju dolazi do otvaranja rudokopa ruda željeza, bakra i olova te pokretanja prvih talionica u Rudama kraj Samobora, Gorskom kotaru (Čabru) i Trgovskoj gori. Prodorom Turaka ta djelatnost na Trgovskoj gori zamire da bi ponovo oživjela u 18. st. Najintenzivniji razvoj metalurgija na prostoru Trgovske gore ostvaruje tijekom 19. st. izgradnjom talionica bakra i visokih peći za proizvodnju željeza. Taj razvoj bio je vezan i utjecao je na razvoj naselja na području današnjeg Siska i Banovine. Naročito, bio je osnova za razvoj metalurške proizvodnje u industrijskom smislu na hrvatskom tlu izgradnjom prve suvremene visoke peći s čeličnim plaštem koja je puštena u rad u Sisku 1939. g. Poslije Drugog svjetskog rata na prostoru Trgovske gore zamire metalurška proizvodnja, a ubrzo prestaje i rudarenje na rude metala. Od 1948. g. izgrađuju se mnogi novi metalurški pogoni u Željezari Sisak, a također osnovane su nove metalurške tvrtke na hrvatskom tlu za proizvodnju čeličnih i aluminijskih proizvoda, te ferolegura i odljevaka. Tijekom i neposredno nakon Domovinskog rata dolazi do znatnog pada proizvodnje i prerade metalnih proizvoda. Oporavak metalurške proizvodnje uz restrukturiranje i ulaganje u tehnologiju, u manjim za tržište fleksibilnim tvrtkama, bilježi se ulaskom u treći milenij sve do 2008. g. Post recesijske godine ponovo bilježe rast proizvodnje u ovoj baznoj izvozno orijentiranoj industriji.

Literatura

- [1] Hrvatska tehnička enciklopedija, Dostupan na <https://tehnika.lzmk.hr/ljevarstvo/> Pristupljeno: 2020-01-14
- [2] Durman, A.: Počeci metalurgije na brodskom području, *Zbornik radova sa znanstvenog skupa o Slavanskom Brodu u povodu 750. obljetnice prvog pisanog spomenika imena Brod*, Živaković-Kerže, Z., str. 91-102, Slavonski Brod, 2000
- [3] Durman, A.: Metalurgija vučedolskog kulturnog kompleksa, *Opuscula Archaeologica*, Vol. 6 (1983) 8, str. 1-75
- [4] Jurković, I.: Lead Deposits in the Zrin District of Trgovska Gora in Croatia, *Geološki vjesnik*, Vol. 41(1988), str. 317-339
- [5] Tućan, F.: *Specijalna mineralogija*, Školska knjiga, Zagreb, (1957)

- [6] Durman, A.: Vučedolska kultura, U “*Vučedol-treće tisućljeće pr. Kr.*”, MGC, Zagreb, (1988), str. 13-20
- [7] Pikija, M. & Šikić, K. & Lazić, S.: Geološka obilježja Zrinske gore, U *Zrinska gora – regionalni park prirode*, Grad Petrinja i dr., ISBN 978-953-6668-46-5, Petrinja, (2010), str. 32-49
- [8] Jurković, I.: Hercinska metalogeneza rudnih ležišta Trgovske gore u Hrvatskoj, *Geološki vjesnik*, **Vol. 41**, (1988), str. 369-393
- [9] Palinkaš, L. A.: Lead Isotope Patterns in Galenas from some Selected Ore Deposits in Croatia and NW Bosnia, *Geološki vjesnik*, **Vol. 38**, (1985), str. 175-189.
- [10] Marković, S.: *Hrvatske mineralne sirovine*, Institut za geološka istraživanja – Zavod za geologiju, Zagreb, 2002
- [11] Durman, A.: Prilog za rekonstrukciju najranije povijesti, “*Zbornik naučnih i publicističkih radova od prijelazenskih doba do naših dana*”, knjiga 1, Dvor na Uni 1991., str. 89-93
- [12] Durman, A.: Iron resources and production for the Roman frontier in Panonia, *Historical Metallurgy*, **Vol. 36** (2002) 1, str. 24-32
- [13] Lazić, L.: Reconstruction of the stone blast furnace in Bešlinac, *Międzynarodowa Konferencja Naukowa Dziedzictwo kulturowe zabytków techniki oraz ich wpływ na rozwój współczesnych technologii przemysłowych*, Boryca, J., str. 112-122, Sielpia Wielka, 2019, Politechnika Częstochowska, Sielpia Wielka, (2019)
- [14] Durman, A.: O geostrateškom položaju Siscie, *Opuscula Archeologica*, **Vol. 16** (1993), str. 117-131
- [15] Durman, A.: Iron resources and production for the Roman frontier in Panonia, *Historical Metallurgy*, **Vol. 36** (2002) 1, str. 24-32
- [16] Jurković, I.: Lead Deposits in the Zrin District of Trgovska Gora in Croatia, *Geološki vjesnik*, **Vol. 41**, (1988), str. 317-339
- [17] Jurković, I.: Copper Ore Deposits in the Gradski Potok Ore Field of the Trgovska Gora District of Croatia, *Geološki vjesnik*, **Vol. 42**, (1989), str. 347-365
- [18] Savić, Z. & Hanzl, Ž.: Trendovi u industrijskoj proizvodnji s naglaskom na proizvodnju metala, *12. Znanstveno-stručni seminar: Tehnologije proizvodnje kalupa i jezgara u ljevaonicama*, Zovko Brodarac, Z., str. 2, Sisak, 2019, Metalurški fakultet, Sisak, (2019)