



Akad. AIZU, Prof., Dr. Sc., Ilija Mamuzić, Prof. h. c., Dr. h. c.  
Predsjednik Hrvatskog metalurškog društva  
President of Croatian Metallurgical Society

Hrvatski inženjerski savez (HIS) obilježava 125 godina svoga postojanja. Hrvatsko metalurško društvo (HMD), odnosno struka metalurgije je članica HIS-a, pa ovaj članak daje prikaz djelatnosti struke metalurgije u Hrvatskoj, povodom obilježavanja ove značajne obljetnice.

## HRVATSKA METALURGIJA - PROŠLOST, SADAŠNJOST, BUDUĆNOST

*Pregledni rad - Review Paper*

U članku je prvo dan razvoj metalurgije u svijetu, čiji počeci se datiraju u 7. tisućljeće pr. Kr. Na području današnje Hrvatske metalurgija je nazočna 6 000 godina, a tri su civilizacije ostavile dokaze: vučedolska, keltska i rimska. Dolaskom Hrvata intenzivnije je bila prisutna metalurgija u sisačko - banovinskom i samoborskom području te Gorskome kotaru. U Dubrovniku i Zagrebu bilo je razvijeno lijevanje zvona (i topova). Industrijska je proizvodnja započela 1853. (lijevaonica u Rijeci), 1937. (proizvodnja aluminija i aluminijske slitine u Lozovcu) te izgradnjom visoke peći u Capragu 1939. godine. Danas je u Hrvatskoj nazočno više metalurških tvrtki čije su tehnologije, u odnosu na svjetske u zaostatku više od trideset godina. Za razliku od mnogih svjetskih država koje jednako kao i Hrvatska nemaju sirovinske resurse za metalurgiju ali poklanjaju veliku pozornost razvoju svoje metalurgije, u Hrvatskoj to nije slučaj. Sve tvrtke idu u privatizaciju, pa budućnost hrvatske metalurgije ovisi o vlasnicima, većinom inozemnim ulagačima.

**Ključne riječi:** *metalurgija, Hrvatska, prošlost, sadašnjost, budućnost*

**Croatian metallurgy - its Past, Present and Future.** This paper deals with the development of metallurgy in the world whose beginnings date 7 000 years B. C. On the territory of today's Croatia metallurgy has been present for 6 000 years. Three civilizations have left evidence: civilization of Vučedol, the Celtic and the Roman. After the arrival of the Croats to this territory, metallurgy developed more intensively in the region of Sisak and Banovina as well as Samobor and Gorski Kotar. Bells and guns were cast in Dubrovnik and Zagreb. The industrial production started in 1853 (foundry in Rijeka) and in 1937 (the production of aluminium and Al-alloys in Lozovac) as well as with the construction of the blast furnace in Caprag in 1939. Today there are more than one company in Croatia whose technologies, compared with the technologies in worldwide companies are behind them more than 30 years. Unlike many European countries, that also as Croatia have no minimal raw material resources and nevertheless pay great attention to the development of their metallurgy, in Croatia this is no case. Al companies are being privatised, so the future Croatian metallurgy depends upon their owners, mostly foreigners.

**Key words:** *metallurgy, Croatia, past, present, future*

### UVOD

Metalurgija se definira kao struka (znanost) o dobivanju i primjeni metala i njihovih slitina. U Hrvatskoj unutar tehničkog područja polje metalurgija se dijeli na tri glavne grane: *procesnu metalurgiju* (redukcija metala iz ruda te njihovo taljenje i rafiniranje), *mehaničku metalurgiju* (oblikovanje metala u tekućem i plastičnom stanju) i *fizikalnu metalurgiju* (utvrđivanje fizikalnih i kemijskih zakonitosti ponašanja metalnih materijala za vrijeme obrade, prerade, ispitivanja i primjene). Pored navedenih važne su i slijedeće grane: *metalurško inženjerstvo* (utjecaj tehničkih postrojenja na proizvodnost i ekonomičnost tehnoloških postupaka), *metalurška ergonomija* (odnos čovjeka i postrojenja i suvremenim uvjetima proizvodnje). Procesna metalurgija

dijeli se na tri glavna ogranka: *pirometalurgiju*, *elektrometalurgiju* i *hidrometalurgiju*. Mehanička metalurgija se dijeli na dva glavna ogranka: *obradu metala u tekućem stanju* i *obradu metala u plastičnom stanju* [1].

Više od 150 godina u arheološkoj su znanosti razvojne etape čovječanstva podijeljene na kameno, bakreno, brončano i željezno doba. To znači da su prema metalurškim proizvodima nazvane i etape čovječanstva [2, 3]. U tablici 1. daje se približni vremenski redoslijed početka metalurških postupaka [4, 5].

Brončano doba traje 3000. - 1000. g. pr. Kr. premda su prvi pokusi s bakrenom rudom bili oko 7000. g. pr. Kr. (Mala Azija), a na Bliskom istoku lijevanje bakra započelo je oko 4000. g. pr. Kr. Procijenjeno je da je u vremenu od 2800. - 1300. g. pr. Kr. izvađeno oko 10 000 tona bakra.

Tablica 1. **Približni vremenski redosljed početaka metalurških procesa [4]**  
 Table 1. **An approximate time sequence of the beginnings of metallurgical processes**

Postupak	Vrijeme prije Krista (pr. Kr.)
1. Izrada keramike	oko 10000 g.
2. Zlato: taljenje, lijevanje, kovanje	oko 7000 g.
3. Bakar: taljenje, lijevanje, kovanje	oko 7000 g.
4. Taljenje olovne rude: lijevanje olova	oko 6000 g.
5. Taljenje bakrene rude: bakar-lijevanje, kovanje	oko 5000 g.
6. Taljenje bakrene slitine (arsen, olovo) bakar (As, Pb) lijevanje, kovanje	oko 4000 g.
7. Taljenje kositra: lijevanje kositra	oko 3000 g.
8. Legiranje bakra kositrom* Bronca: lijevanje, kovanje	oko 2500 g.
9. Preradba željezne rude, kovanje čelika**	oko 1500 g.
10. Obradba bakra i cinkovih karbonata ugljikom, Mesing: lijevanje, kovanje***	oko 1000 g.
* također topljenje bakra s kositeritom	
** proizvodi od lijevanog željeza u Kini od 500. g. pr. Kr. u Europi oko 1400 g. n. e.	
*** galenitni postupak poznat potkraj Rimskog Carstva	

Oko 1400. g. pr. Kr. proizvedeno je spužvasto željezo u Anatoliji (1300. g. pr. Kr. u Grčkoj, 1200. g. pr. Kr. ostali).

Homer u IX knjizi Odiseje navodi kaljenje čelika - mačeva, a i ostali izvori pokazuju da se o čeliku empirijski mnogo znalo, ponajprije zbog njegove važnosti za oklope i mačeve. U zapisu nađenom u hramu Balgala (Mala Azija), a koji je vremenski iz istoga razdoblja kao i Homerova Odiseja, stoji naputak za otvrdnjavanje čeličnih mačeva (kaljenje) [6, 7]: "Žariti oštricu mača dok ne zasja kao Sunce koje se diže nad pustinjom, zatim ga ohladiti da postane purpurne boje, i to tako da se zabode u tijelo snažnog, mišićavog roba. Snaga roba prenosi se u mač." Taj tragični način toplinske obradbe - kaljenja mača zabadanjem u tijelo roba osiguravalo je stalnu temperaturu kaljenja s odstupanjima manjim od 0,5 °C (36 - 37 °C) - temperatura čovjeka. Plastičnom preradbom - slobodnim kovanjem ti su mačevi imali i izvanrednu oštricu. Svilena marama, koja je zbog svoje težine slobodno padala na tu oštricu, rasijecala se u više odrezaka.

Za Rimskog Carstva posebice se posvećivala pozornost izradbi čeličnog oružja zbog brojnosti rimske vojske (oko 500 000 vojnika).

U ranom srednjem vijeku napredovalo se toliko da se sablja damaskinja, dok je još bila bijelo užarena, davala konjaniku koji je morao na konju galopirati vitlajući njome po zraku. Po kvaliteti su izradbe poznati i samurajski mačevi [6]. I kasniji recepti iz srednjeg vijeka pokazuju isto toliko nerazumijevanja u postupku. U jednom je takvom receptu, npr., "mokraća crvenokosog dječaka" primjenjivana kao rashladno sredstvo za kaljenje mača. Vodeni rastvor kuhinjske soli u mnogim slučajevima i po današnjim znanstvenim spoznajama bolji je za kaljenje nekih čelika od čiste vode [7]. Praktično, metoda toplinske obradbe kaljenja čelika još

je i danas u velikoj upotrebi, ali na znanstvenim spoznajama primjenjuje se kaljenje u ulju, vodi, solima, zraku itd. [7].

Oko 1371. g. n. e., prvi detaljni opis taljenja željeza dao je francuski nadbiskup Henry de Poitiers, a sredinom 15. stoljeća prva je visoka peć konstruirana u Europi. Godine 1450. Filarete, talijanski kipar i graditelj opisao je "visoku" peć u knjizi "Trattato d' Architettura" [8]. Leonardo da Vinci dao je nacrt prve valjaonice za plastičnu preradu koja nije ostvarena u praksi. Pisane podatke o taljenju željeza pomoću drvenog ugljena dao je 1540. Vannaccio Biringio (knjiga "De la Pirrotechnica") kao i Georg Bauer Agricola (knjiga "De re metallica" libri XII. - 1556. g.) [8].

Procijenjeno je da je u 15. stoljeću u Europi proizvedeno 60 000 tona željeza, od toga 30 000 u Njemačkoj, 10 000 tona u Francuskoj itd. Glede velike uporabe i sječe šuma za dobivanje drvenog ugljena, postojala je mogućnost potpune sječe, pa je ona u Engleskoj zabranjena. Razvijen je postupak dobivanja koksa iz ugljena. Tako je već 1619. D. Dudley u Engleskoj izgradio prvu visoku peć za taljenje s posebno pripremljenim ugljenom, a 1735. je A. Darby patentirao koksiranje ugljena [8]. Nedugo poslije James Watt (1736. - 1819.) pronalazi parni stroj što je imalo izuzetnu važnost (do kraja 19. st. parni je stroj praktično u svijetu bio jedini pogonski stroj) God. 1815. izrađena je prva željeznička tračnica, prva željeznička pruga je napravljena 1819., a tračnica je izložena i na svjetskoj izložbi u Londonu 1824. (Oblik tračnice nije se praktično izmijenio do današnjih dana).

Postupak dobivanja željeza u visokoj peći dalje se usavršavao (upotreba grijanog zraka; kisika itd.) pa se ukazala potreba i konstrukcije uređaja za dobivanje čelika iz tekućeg željeza. (Na tim područjima prva modernija visoka peć puštena je u rad u Jasenicama 1892., a za nekoliko godina i u Zenici). Godine 1856. engl. inženjer G. Bessemer predložio je novi način izradbe čelika konvertorima, a postupak je usavršio O. Tomas 1878. godine. Francuski metalurg P. Martin 1864. i njemački F. Siemens izradili prvu peć za taljenje i dobivanje čelika. Premda je taj proces bio sporiji i manje ekonomičan u usporedbi s konvertorskim postupkom dobivanja čelika u prvoj polovici 20. st., oko 80 % sveukupne proizvodnje čelika u svijetu bila je iz Siemens-Martinovih peći.

Proizvodnja čelika naglo je porasla i dotadašnje primitivne valjaonice za njegovu plastičnu preradu u završne proizvode (npr. brzina valjanja 1 metar u minuti) nisu mogle zadovoljiti pa je došlo do izradbe modernijih valjaonica i usavršavanja postupka preradbe. Kao podatak treba navesti da današnje valjaonice imaju brzinu valjanja i do 200 m/s. Glede važnosti proizvodnje i preradbe aluminijskih slitina za Hrvatsku navodi se da je aluminij otkriven tek 1820. (Davy), a industrijska uporaba je započela početkom 20. stoljeća.

Ti djelomični podaci potvrđuju da je metalurgija najstariji obrt, a tehnologije su se dugo razvijale empirijski [6]. Mnoge pojave, koje su određivale način dobivanja, ponaša-

nje i svojstva metala, otkrivene su tijekom zadnjih pedeset godina, što pokazuje da je metalurgija jedna od najmlađih znanstvenih disciplina. Naime, za znanstveno objašnjenje plastične preradbe metala, E. Orawan i G. I. Taylor, neovisno jedan od drugog, predložili su teoriju o dislokacijama što je P. Hirsch potvrdio na elektronskom mikroskopu [6].

Zahvaljujući istraživačima raznih struka (kemičari, fizičari, strojari itd.) i suvremenim dostignućima, danas je omogućeno unaprijed programirati na znanstvenim osnovama potrebna svojstva metala i slitina i njihovu izradbu.

Cilj je ovog referata povodom 125 obljetnice Hrvatskog inženjerskog saveza, prikazati razvoj i postignuća metalurgije u Hrvatskoj, stare na ovim područjima preko 6 000 godina. Cjelovit je prikaz nemoguće dati ne samo zbog nedostatka literaturno obrađenih podataka u Hrvatskoj nego i zbog toga što je metalurgija široko područje u koju se uključuju razni metali i njihove slitine i načini njihova dobivanja i preradbe.

Za razliku od mnogih država gdje su razvoj i postignuća metalurgije sustavno praćeni, gdje su za pojedina područja tiskani cjeloviti prikazi ili knjige, mnogi dragocjeni podaci o razvoju metalurgije u nas nisu skupljeni na razini države. Ovdje dani podaci mogu biti dobra osnova za njihovo proširivanje, odnosno dopunu.

## RAZVITAK

### METALURGIJE NA HRVATSKOM TLU

Teško je dati cjelovit prikaz razvitka rane metalurgije na tlu Hrvatske. Tragovi rudarenja iz prapovijesnog razdoblja nisu uočeni, ali u Rudama kraj Samobora nađen je najstariji tip bakrene sjekire kakve su se rabile u rudnicima bakra (4 000. g. pr. Kr.). Naime, na području Ruda bila su bogata gnijezda samorodnog bakra. Taj nalaz od prije 4 000. g. pr. Kr. može se smatrati (iako slučajni) kao dokaz rudarenja i metalurgije na području današnje Hrvatske.

Izdvajaju se dva stupnja u razvoju europske i svjetske metalurgije, koja su imala značajni temelj u Hrvatskoj, do dolaska Hrvata:

- metalurgija bakra i bronce (arsenska bronca) u vučedolskoj kulturi,
- Siscia kao jedan od najvećih metalurških središta rimskog imperija.

Nagli razvoj metalurgije datira iz Vučedola, arheološkog lokaliteta nadomak Vukovara. To se razdoblje od 3 000. do 2 200. g. pr. Kr. se može nazvati praskozorjem Europe i uvodom u pisanu povijest. Vučedolskoj su kulturi suvremenici prva pojava pisma u Mezopotamiji i prvi faraoni u Egiptu [9, 10]. Bio je to veliki napredak kada je na tim prostorima kamen kao eolitski graničnik i međaš zamjenjen metalom. U sve većoj potražnji za bakrenom rudom, dolazi do ekspanzije vučedolske kulture iz matičnog područja (u istočnoj Slavoniji) na rudonosna područja širom srednje i jugoistočne Europe - slika 1.

To je neka vrsta nove "protoindustrijske revolucije" u Europi jer se dio populacije bogata stočarskog društva opredjeljuje za još prosperitetnije zanimanje - metalurgiju. Posvetivši se preradbi rudače i serijskoj (normiranoj) proizvodnji metala, unijeli su u metalurgiju bakrenog i brončanog doba sve značajne inovacije (kupolaste peći, dvodijelne i višedijelne glinene kalupe, miših. legiranje itd.).



Slika 1. Karta rasprostranjenosti vučedolske kulture  
Figure 1. The map of distribution of the Culture of Vučedol

Vučedolska je kultura zatvorila svoj životni put oko 2200 g. pr. Kr. u doba prodora trećeg seobenog vala Indoeuroljana [9]. Prema A. Durmanu [11] Banovina je u kasno brončano doba intenzivnije naseljena, pogotovo prostor sjeverno od Zrinske gore do Kupe. Vjerojatno je u to doba otvoren put preko Zrinske gore. 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. Najvjerojatnije upravo tim putem u mlađem željeznom dobu u naše krajeve prodiru Kelti. Kao izuzetni metalurzi, koji su usavršenom obradom željeza osvojili golem prostor Europe, osnutkom Segestike, njima najznačajnijega strateškog položaja u Panoniji, orijentirali su se na proizvodnju željeza. Željezni ingoti ili gotovi prizvodi donošeni su iz najbližih rudnika željeza. Takva najbliža rudišta željeza nalaze se u Trgovskoj gori. Na Osječenicima i Gracu ima keltskih nalaza, pa čak i dvije keltske srebne tetradrahme tzv. samoborskog tipa, što govori da im je tu bio važan punkt. Tako je osovina Segestika - Osječenička držala veći dio proizvodnje željeza u Panoniji [11]. Tu, već uhodanu proizvodnju preuzimaju Rimljani, kada je 35. g. pr. Kr. Oktavian, August razorio Segestiku, na temeljima koje je osnovano novo naselje - Siscia [12]. Za cjelokupna trajanja rimske prevlasti u Panoniji i Sisciji, na obali Kupe rade velike radionice za proizvodnju oružja.

U doba Rimljana metalurgiji se posvećivala posebna pažnja glede potrebe za oružjem. Na slici 2. dat je raspored rudnika u Europi. Čak su iskorištavani i siromašni rudnici željezne rude u Dalmaciji [13].

U doba cara Galijena u Sisciji je otvorena kovnica novca. Poslije su rimski metalurzi posegnuli za ljubijskim rudnicima željeza i tada se otvara put riječnim tokovima Japre - Sane - Une - Save - Kupe. U okolici Siscije, kao velikog metalur-



Slika 2. Položaj rudnika u Europi u doba Rimskog Carstva  
Figure 2. Location of mines in Europe during the Rome Empire

skog centra, procjenjuje se na temelju ostataka šljuništa da su Rimljani iskorištavali više od milijun tona željezne rudače. Ona je, najčešće u obliku ingota, završavala u Sisciji, a odatle su gotovi željezni proizvodi upućivani na najznačajniju rimsku granicu, onu na Dunavu. Već i preko naziva Segestika - Siscia - Sisak može se uočiti dugi kontinuitet vezan uz preradbu željezne rudače na položaju Siska od prapovijesnih vremena, preko rimske civilizacije do danas. Kovnica novca u Sisciji intenzivno radi do doba cara Teodezija (408. - 450.), kada je prestala s radom.

To je samo djelomičan prikaz razvitka metalurgije na ovim prostorima do dolaska Hrvata. Nalaza i ostataka ima mnogo, kao npr. i na Gornjem gradu u Zagrebu, gdje je u sloju koji pripada Keltima, na podu jedne kuće otkopana mala metalurška peć za topljenje i izradbu bronce.

Razvitku metalurgije od dolaska Hrvata mogla bi se posvetiti osobito široka studija, uz mogućnost da se i tada zaobiđu određeni lokaliteti pa i literaturno obrađeni podaci. Daju se osvrći na nekoliko lokaliteta značajnih za razvitak metalurgije u Hrvatskoj. Pri tome treba uzeti u obzir [14]:

- Preko tri stoljeća neprestana upadanja, pljačkanja i pustošenja Hrvatske od strane Turaka;
- Politička i gospodarska podređenost Hrvatske osovini Beč-Pešta, koja ju je zanemarivala i gledala na nju jedino kao na objekt iskorištavanja bez nekog osobitog ulaganja kapitala;
- Poseban režim vojnoupjavne vlasti koji se protegao na cijelo područje Korduna i Slavonije, a koji je svojim birokratskim metodama upravljanja kočio svaki mogući razvitak privredne djelatnosti n svom području;

- Podijeljenost današnjeg teritorija na Hrvatsku, Slavoniju, Dalmaciju i Istru;
- Nedostatak dobrih prometnica;
- Duga i teška kriza poslije 1848. g., koja je bila izazvana strukturnom promjenom gospodarstva, prelaskom od feudalnog na kapitalistički način proizvodnje.

U nastavku se daje ukratko povijesni razvitak metalurgije u Hrvatskoj po pojedinim područjima.

### Sisačko-Banovinsko područje

Već je u 2. dijelu istaknuto da se metalurgija na području Siska i Banovine razvila od vučedolske kulture, Kelta i Rimljana (iskorištavani rudnici željeza, olova i srebrne rude). Nakon propasti Rimskog Carstva metalurška aktivnost u tim krajevima zamire, da bi se obnovila tek poslije dolaska Sasa u 11. stoljeću. Olovni su rudnici bili locirani u dolini malog Majdana, a manjim dijelom u području Srebrenjaka i Tomašice, dok se željezna ruda iskorištavala u Trgovskoj gori. Rudarilo se na primitivan način korištenjem isključivo ljudske i vodene snage.

Prema Z. Strižiću [15], od tog se doba uz kraće prekide nastavlja iskorištavanje rudnih ležišta, koja svoj puni zamah dobiva tek 1463. godine. 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. 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. osvojili grad Gvozdansko. Pošto su razrušili tvrđavu Turci su potopili sva rudarska okna. Prošlo je više od stotinu godina do ponovnog otvaranja rudnika.

Početkom 18. stoljeća poslije povlačenja Turaka, prva visoka peć bila je podignuta na potoku Žirovac, a započela je radom u ožujku 1808. godine. Kasnije, preradba željezne rudače s tog područja koncentrirana je u Bešlincu (vlasništvo: "Talionci i rudnici Bešlinac - Trgovi" kraj Dvora).

S manjim ili većim intenzitetom rudnici i talionica radili su do 1939. godine. Čak i u prvoj godini rata ljevaonica je proizvodila dijelove za bicikle, pribor za jelo, odljevke si-vo-g ljeva da bi nakon toga zamrlo.

Potkraj tridesetih godina prošlog stoljeća u vrijeme intenzivnih priprema sila osovine za rat, u Europi je naglo porasla proizvodnja čelika. To se dijelom odrazilo i u nas, što je inž. Mirislavu Tomcu olakšalo ostvarenje njegove dugogodišnje zamisli - izgradnju moderne visoke peći po vlastitim nacrtima. Tu zamisao inž. Tomac nije mogao samostalno ostvariti zbog financijskih razloga: na njegov

je poticaj osnovano Rudarsko udruženje - Talionica Caprag [16]. Izabrana lokacija bila je rezultanta četiriju osnovnih faktora: blizine i izbora rudače, povoljnih mogućnosti dovoza koksa, otpreme gotovih proizvoda i regrutiranja radne snage. Izgradnja talionice započela je oko sredine 1938., a visoka peć svečano je puštena u pogon 20. kolovoza 1939. godine. Posebno bi trebalo istaknuti samu visoku peć koja je, iako maloga kapaciteta, bila vrlo smjelo i originalno projektirana i izvedena sa zavarenim oklopom, što je izazvalo i zanimanje stranih stručnjaka. Ista se tehnika poslije primjenjivala i u drugim zemljama.

Početna je proizvodnja talionice iznosila oko 40 t dnevno. Bio je to jedan od prvih metalurških pogona na teritoriju današnje države Hrvatske u industrijskom smislu riječi [16].

NDH je preuzela veliki dio crne metalurgije prve Jugoslavije: manje rudnike i talionice u Hrvatskoj i sve pogone "Jugo-čelika" u Bosni. Rudnici ugljena u Brezi i Zenici, željezne rude u Ljubiji i Varešu, talionica u Varešu i željezara u Zenici ostali su i dalje ujedinjeni, samo su svi promijenili naziv u "HRUTAT d. d." (Hrvatski rudnici i talionice). Zbog ratnih uvjeta proizvodnja je bila smanjena.

Generalna direkcija crne metalurgije druge Jugoslavije na početku 1947. naručila je iz Italije postrojenja za valjaonicu bešavnih cijevi kapaciteta 60 000 tona godišnje.

Za lokaciju je izabran Sisak. Pritom su uzeti u obzir isti faktori koji su utjecali na lokaciju talionice Caprag: mala udaljenost od rudnika Ljubija, postojanje pogodnog vodenog puta, željezničkih i cestovnih prometnica, blizina važnijih potrošačkih središta i raspoloživa radna snaga Banovine i bosanske krajine, kojoj je trebalo osigurati zaposlenje. U skladu s tim općim planom izgradnje Željezara Sisak bilo je odlučeno da se podignu važniji objekti: za proizvodnju željeza, čelika i bešavnih cijevi [16].

1957. godine Željezara je prvi put proizvela više od 100 000 tona sirova željeza, 95 000 tona sirova čelika i blizu 55 000 tona bešavnih cijevi. U proljeće 1959. Savezno izvršno vijeće donijelo je odluku da se pristupi rekonstrukciju tadašnjih i izgradnji novih kapaciteta. U taj se program uključila i Željezara Sisak sa svojim programom rekonstrukcije, ponajprije s predviđenom izgradnjom valjaonice traka i gredica i valjaonice šavnih cijevi, a potom s rekonstrukcijom čeličane i proširenjem energetske baze vodoprivrednog sustava, prometa i dr.

Najveći dio sredstava iz programa rekonstrukcije utrošen je na izgradnju nove valjaonice traka, gredica i šavnih cijevi, čime su osigurani i poluproizvodi za laku prugu valjaonice bešavnih cijevi. Dovršenjem prve faze rekonstrukcije došlo je do velikog povećanja kapaciteta poluproizvoda, udvostručenog kapaciteta završnih proizvoda bešavnih i šavnih cijevi [2].

U okviru nove faze rekonstrukcije izgrađena je samo nova hladna prerada 1982. godine s kapacitetom 17 000 t/g i izvedena nova aglomeracija na visokim pećima. Tijekom

rata 1992. - 1995. godine proizvodnja je opala na 20 % od predratne uz obustavu rada visokih peći, koksare, Siemens - Martinovih peći.

Vlada RH je donijela odluku o privatizaciji Željezara Sisak, što je po drugi put realizirano.

### Rude i Bregana kraj Samobora

Tragovi rudarenja i metalurgije preko vučedolske kulture i Rimskog Carstva intenzivnije se uočavaju u srednjem vijeku na ovom području. Dokazano je da se 1847. godine u Rudama vadila i pretapala željezna ruda. Otvorena je i ljevaonica željeza, a prestala je s radom 1860. godine zbog požara. Proizvodnja je bila slabog intenziteta da bi prestala početkom II svjetskog rata [14].

### Gorski Kotar

Gorski je Kotar bio slabo naseljen čak i u vrijeme Frankopana, premda je Tarsatica (sadašnja Rijeka) bila znana već od Rimljana. Tek kada je Petar Zrinski preuzeo Gorski kotar u vlasništvo, došlo je do nagle promjene. Početak rudarenja zabilježen je u Liču 1638. g. Poslije je otkrivanjem željezne rudače u Čabru tamo preneseno vađenje i taljenje željeza. Posebice se iskorištavao bakar i zlato u gorama oko Grobnika. Rudari su uglavnom bili doseljeni Sasi [17]. Peć za taljenje željeza u Čabru izgrađena je 1651. g., a tu je bila i kovačnica. Izrađivali su se čavli, potkove, oprema za kuhinje, željezne šipke, obruči, noževi itd. Dio je robe preko Bakra izvezen u inozemstvo. Sama je tvornica imala uz visoku peć i posebnu malu peć za taljenje, tri zgrade za velika kladiva, dvije kovačnice za čavle, a jednu za kovanje ostalih proizvoda.

Godine 1671., Petar Zrinjski je ubijen u Wiener Neustadtu, a imanja su zaplijenjena i predana na upravu Ugarskoj komori. Došlo je do zastoja u proizvodnji, da bi se poslije 1685. sve obnovilo, i čak izgradile nove visoke peći (1692. ugarska je komora imanja u Gorskom kotaru prodala austrijskoj komori). Godine 1711. Čabar je pretrpio veliku elementarnu nepogodu (prolom oblaka i velike kiše) pa je osim jedne peći praktično sve bilo onespobljeno za rad. Izvršeni su popravci, a 1719. puštena je nova visoka peć (Plaofen). Poslovanje je bilo dosta slabo.

U Brodu je bila mala peć ("Habstuckofen" izradba šipki i čavala). Peć je bila visoka 12 stopa, a veća peć nije podignuta radi troškova dovoza rudače i ugljena. Rad u tim poduzećima prestao je početkom 19. stoljeća. Glede Čabra, tamo se iznovice 1784. tražila ruda, ali je bila slabog kvaliteta.

### Ljevanje zvona (i topova)

Na osnovi ruševina jedne crkve iz 12. st., koja se nalazila u sklopu benediktinskog samostana "De Bella" (Bijela kraj Daruvara), može se pretpostaviti da su se i na području

Hrvatske zvona počela lijevati u 11. st. Tijekom 12. st. nastavio se razvitak ljevarstva u Europi. Glede poteškoća u prijevozu velikih zvona, najprikladnije rješenje bilo je da ljevači presele svoju ljevaonicu u mjesto narudžbodavca i da tamo odliju zvono. Istodobno se na području vojnog naoružanja prelazilo na proizvodnju lijevanih topova od bronce [18].

Prema povijesnim dokumentima, u Dubrovniku su se već 1336. lijevala zvona koja su se odlikovala po izvanrednoj izradbi i po zvukočujnosti. U Dubrovniku se topovi spominju već krajem 1351. kada je N. Teutonicus izradio top manjega kalibra, zvan spingarda. Dubrovačka ljevaonica topova osnovana je 1410., a majstor je bio Lilio, čiji sin je 1446. za gradski zvonik u Dubrovniku odlio novo zvono od 1500 kg.

Pronalaskom baruta u Europi krajem 13. st. (u Kini u starom vijeku), lijevanje topova od bronce idućih 400 godina bilo je najrašireniji ljevarski obrt. Ljevaonica topova i zvona na Revelinu u Dubrovniku osnovana je 1463. godine. S Raba, gdje je imao ljevaonicu, došao je Ivan Rabljanin u Dubrovnik i osnovao ljevaonicu koja ubrzo postaje poznata u tadašnjem svijetu pa je Dubrovačka Republika topove koje je on lijevao prodavala u južnu Italiju i Španjolsku [19].

Najstarija zagrebačka ljevaonica zvona osnovana je 1456. Zbog velikog područja koje je gravitiralo za izradu zvona, ta je ljevaonica praktično radila i poslije prvog svjetskog rata. U toj ljevaonici odijevano je zvono zagrebačke katedrale mase 6 400 kilograma. Ljevaonice zapadaju u poteškoće pa se zagrebačka preorijentirala za izrdbu papuča za kočnice željezničkih vagona. No, ta promjena nije uspjela pa je ljevaonica zatvorena 1929., a 1936. je srušena [20].

## Ljevarstvo

Razvitak ljevarstva već je djelomično obrađen u okviru razvoja proizvodnje željeza, bakra, olova i lijevanja zvona. Naime, početkom 15. st. U Europi se potpuno odvojeno počinje razvijati proizvodnja odljevaka od lijevanog željeza, koje se dalo lakše nabaviti od deficitarnog bakra i kositra. Za vojne svrhe odmah se pristupilo izradbi topovskih zrna i malih topovskih cijevi. Da bi se proizvodnja potpuno razvila te svojom kvalitetom i kvantitetom potisnula ljevanu bronzu, trebalo je još oko 450 godina [18].

Prva industrijska ljevaonica u nas osnovana je 1853. u današnjem "Torpedu" - Rijeka, 1908. u Slavoniji je to OLT - "Osječka ljevaonica tuča", a i u Zagrebu ljevaonica "Radoslav Eisenhüt". U tih vremena ljevarstvo je sve više širilo svoju osnovu, tako da je 1946. izljeveno 8 000 tona odljevaka, a bilo je 17 ljevaonica. Nepunih 10 godina poslije, tj. 1955. već je bilo 36 industrijskih ljevaonica koje su proizvele oko 30 000 tona odljevaka. Najveću

proizvodnju u dugom tijeku svojega djelovanja hrvatske ljevaonice imale su u razdoblju od 5 godina tj. od 1983. do 1987., kada su proizvele između 125 000 tona (1983.) i 127 000 tona (1987). Međutim, od 1989. zbog nepovoljnih kretanja u svijetu proizvodnja odljevaka u Hrvatskoj počinje se znatnije smanjivati, tako da je i prije rata, tj. 1990. iznosila 92 344 tona s 8 925 zaposlenih. U ratu prepolovljena je proizvodnja tako da je 1993. iznosila 39998 tona uz 5 870 zaposlenih. Tu su uključene i obrtničke ljevaonice [21].

## Ostale metalurške tvrtke

Dvije osnovne odrednice; energija i sirovina, odredile su lokaciju aluminjske industrije u Šibeniku 1937. Prvo su bili izgrađeni kapaciteti za glinicu, elektrolizu. Prva je faza omogućila da se 1955., kao daljnji tehnološki kontinuitet, izgradi Tvornica lakih metala - TLM u tada širem području grada Šibenika. Tvornica se sastojala od Valjaonice i Prešaonice prerađivačkih kapaciteta za proizvodnju poluproizvoda: limova, traka, rondela, folija, šipaka, cijevi, profila.

Rekonstrukcijom i modernizacijom valjaoničkih kapaciteta, koje su izvršene 1965. i 1969/70., narasle su potrebe za sirovim aluminijem te je 1973. počela izgradnja Elektrolize kapaciteta 110 000 t godišnje i Ljevaonice kapaciteta 80 000 t godišnje. Tako stvorena sirovinska baza omogućila je dalje širenje prerađivačkih kapaciteta. Daljnji se razvitak odnosio na širenje kapaciteta prešanja 1977/78. koji doseže 10 000 tona godišnje.

Godine 1985. pušten je u proizvodnju novi valjaonički kapacitet za proizvodnju 15 000 tona godišnje tankih folija i traka. Tako stvorene pretpostavke za proizvodnju osnovne sirovine i poluproizvoda omogućile su razvitak zadnje faze, tj. finalizaciju aluminija koja se u TLM-u odvija uglavnom na području primjene aluminija u građevinarstvu. Današnji instalirani kapaciteti za poluproizvode (rekonstrukcija 2002. g.) kreću se oko 90 000 tona. Oni daleko premašuju domaće potrebe, pa je oko 70 % ukupne proizvodnje uglavnom orijentirano na izvoz [22, 23].

Iz tog kratkog pregleda vidi se dinamika razvitka koju 1937. - 1991. obilježava stalan porast postojećih kapaciteta ili usvajanje novih tehnoloških segmenata u tehnološkom lancu proizvodnje aluminija. Ratna razaranja 1991. uništila su Elektrolizu.

Posebice treba navesti Tvornicu elektroda i ferolegura - Šibenik, puštenu u proizvodnju 1900. godine, te Tvornicu karbida i ferolegura - Dalmacija - Dugi Rat iz 1908. godine, koje su prestale sa radom.

Veća metalurška poduzeća u Hrvatskoj su Željezara Split, puštena u pogon 1971. (u 1. mjesecu čeličana, a u 9. mjesecu valjaonica - rekonstruirana 2003. godine). Valjaonica čelika Kumrovec je bila u radu od 1973. (sada zatvorena), a "Armko" Konjščina od 1963. g.

## POSTIGNUĆA U METALURGIJI U SVIJETU I HRVATSKOJ UZ OSVRT NA BUDUĆNOST HRVATSKE METALURGIJE

Za utvrđivanje postignuća u metalurgiji Hrvatske, treba prvo analizirati ta postignuća u svijetu.

U svijetu su, u metalurgiji, posljednjih godina, poduzeti veliki naponi u nakani smanjivanja potrošnje sirovina i posebice potrošnje energije. Odatle se kao bitni zadaci za projektante postrojenja nameće:

- rekonstrukcija velikih integriranih metalurških pogona kroz racionalizaciju procesa s modernim postrojenjima i postupcima,
- gradnja malih metalurških postrojenja sa specifičnim proizvodima, mini-postrojenja uz relativno niske investicijske i pogonske troškove [24].

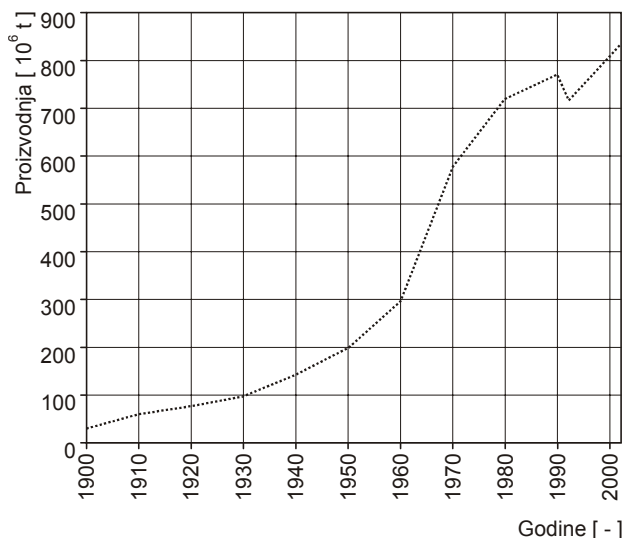
Daje se kratki prikaz ovih postignuća, uz napomenu da Hrvatska metalurgija zaostaje preko 30-ak godina u odnosu na razvijenu svjetsku metalurgiju. Što se tiče proizvodnje sirovog željeza, visoka peć je bila i ostati će u proizvodnom, tehnološkom i ekonomskom pogledu najvažniji uređaj. Nakon prvotnih visokih peći nekoliko metara visine i malog volumena, danas se grade, visoke peći visine preko 30 m i volumena preko 5 000 m<sup>3</sup>. Kao sirovina rabe se bogate (oplemenjene) željezne rude u obliku sintera ili pelata. Zbog visokih troškova gradnje i proizvodnje koksa sve više se primjenjuju i postupci izravne redukcije željeznih ruda (bezkoksnе metalurgije željeza). To su postupci Corex, Midrex, Hyl, itd., a proizvodnja ne prelazi 50 mil t/g [1].

U Hrvatskoj je u okviru tada integralne Željezare Sisak planirana izgradnja većih visokih peći (do tada su postojale dvije po svega 150 m<sup>3</sup> volumena) i Koksare. Želja je bila proizvodnja preko 1 mil. tona godišnje. Realizirana je jedino izgradnja Koksare u Bakru. Štoviše 1991. obustavljena je proizvodnja sirovog željeza u Željezari Sisak, a i Koksara je zatvorena 1993. godine. Na temelju ovih podataka nije više očekivati otvaranje proizvodnje sirovog željeza u Hrvatskoj [1].

Čelik je najznačajniji metalni materijal u prošlosti, sadašnjosti, a za očekivati je i u budućnosti. To je treći materijal po proizvodnji (u 2002. godini 848 mil. tona). Čelik je zeleni materijal, te se oko 45 % godišnje reciklira.

Proizvodnja čelika u svijetu imala je veliku stopu rasta do energetske krize osamdesetih godina. Ona se od početka prošlog stoljeća povećala za 20 puta, a od drugog svjetskog rata za 4 puta. Na slici 3. prikazana je proizvodnja čelika.

U razvijenim zemljama čelik se danas proizvodi samo konvertorskim ili elektrolučnim postupkom u odnosu 3:1. Proizvodnja čelika u Siemens-Martinovim pećima zadržala se samo u zemljama istočne Europe. Udio kontinuirano ljevenog čelika stalno raste, on u svijetu sada prelazi 65 %, a u pojedinim zemljama i do 100 %. Proizvodnja čelika u kisikovim konvertorima dosegla je visoku efikasnost uvođenjem "kombiniranog upuhivanja" odozgo i odozdo.



Slika 3. Svjetska proizvodnja čelika u posljednje 102 godine  
Figure 3. Worldwide production of steel during the last 102 years

Elektrolučne UHP (Ultra High Power) peći, koje pripadaju u mini željezare, služe za proizvodnju visokovrijednih čelika i prilagodljive su tržišnim uvjetima. Suvremene UHP peći po produktivnosti se približavaju konvertorima. Rafinacija i dotjerivanje kemijskog sastava čelika obavlja se u agregatima sekundarne (izvanpećne) metalurgije (u loncima). Zahvaljujući predgrijavanju čeličnog otpada, razvijaju se novi tehnološki procesi (Comelt, Conarc, itd.), a pretpostavlja se i intenzivnija proizvodnja čelika na istosmjernom stroju (DC - peći).

U Hrvatskoj je industrijska proizvodnja čelika započela 1951. godine puštanjem u rad prve Siemens-Martinove peći u Željezari Sisak (druga SM - peć puštena u rad 1955. godine). Rekonstruiranje ovih peći je završeno 1966. godine, kada je udvostručen kapacitet od 70 na 150 tona po šarži za svaku peć. Posebice je u Željezari Sisak izgrađena i elektrolučna peć kapaciteta 70 000 t/god (puštena u pokusni rad 1966. godine). Uvedeno je i kontinuirano lijevanje [16].

I u Željezari Split je bila proizvodnja čelika u dvije elektrolučne peći i dvije kontinuirane godišnjeg kapaciteta 120 000 tona. To znači da je u bivšoj Jugoslaviji Hrvatska proizvodila oko 450 000 tona (valjani proizvodi jednako cca 450 000 t/g) čelika godišnje što je iznosilo oko 10 % ukupne proizvodnje čelika u Jugoslaviji. Potrošnja čelika u Hrvatskoj (npr. 1980. godine) je bila oko 800 000 tona godišnje, iz čega proizlazi da je Hrvatska u okviru bivše države bila deficitarna u čeliku.

U ratu 1991. - 1995. godine, a i sada, proizvodnja čelika se smanjivala i iznosi cca 15 % od predratne proizvodnje. U Željezari Sisak su zatvorene obje SM - peći, a nije se ni realizirala izgradnja nove čeličana 300 000 tona godišnje. U Željezari Split rekonstruirana je elektropeć (na metalurgiji lonca) te je sada kapacitet cca 180 000 tona godišnje.

Mada Hrvatske raspolaže "starim željezom", budućnost proizvodnje čelika u elektropećima ovisi o nakanama vlasnika poslije privatizacije. Istodobno Hrvatska nema sirovinskih i energetske resursa za proizvodnju čelika kisikovim konvertorima.

Za proizvodnju teških obojenih metala (Cu, Pb, Zn, Sn, itd.) koriste se pirometalurški postupci uz stalnu modernizaciju u svijetu. Nažalost Hrvatska nema instaliranih proizvodnih i preradbenih kapaciteta za teške obojene metale, a nema ni sirovinskih resursa. Isto se odnosi i na proizvodnju obojenih metala hidrometalurškim procesom [1].

Kao što je istaknuto ranije u članku Hrvatska je već početkom dvadesetog stoljeća počela proizvoditi ferolegure (Šibenik, Dugi Rat). Obje tvrtke su uspješno poslovale ali je krajem 1991. godine proizvodnja počela opadati, a danas su obje tvrtke zatvorene i demontirane.

Proizvodnja aluminija u svijetu u odnosu na proizvodnju ostalih metala relativno je mala. Proizvodnja Al i Al-legura u svijetu se poboljšava usavršavanjem Bayer-ovog te Heroult-Hallovog postupka. Budući se Al proizvodnja u Hrvatskoj želi privatizirati budućnost proizvodnje i preradbe Al i Al-legura ovisi o nakani vlasnika. U djelu "Razvitak ostalih metalurških tvrtki" dat je već prikaz TLM-a Šibenik. U Hrvatskoj nema resursa za proizvodnju primarnog aluminija ali u TLM-u postoje preradbeni kapaciteti do 90 000 tona Al/god, što znači da nema prepreka razvoju Al i Al-slitina [23]. Ukupna postojeća infrastruktura (tehnološka, kadrovska) a i usvojene kakvoće proizvoda djelomice zaostaju za svjetskim standardima [1].

U svijetu vrlo intenzivna istraživanja su na sljedećim područjima [22]:

- AlLi-slitina, s koncentracijom Li od 1,3 - 2,7% u kombinaciji s druga dva legirna elementa, Cu i Mg, te mikrolegirnim elementom Zr (0,1%) za profinjenje kristalnog zrna,
- metalurgija praha: danas poznati postupci za tu tehnologiju su Das melt Verfahren, Das planar flow Verfahren i Plasma processing,
- kompoziti (armirani aluminij s vlaknima SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, C, borida).

Aluminijska industrija Hrvatske nije prisutna niti u eksperimentalnom, niti u komercijalno-proizvodnom dijelu jednog od tih triju udarnih područja tehnologije aluminija.

Što se tiče ljevarstva u svijetu je proizvodnja odljevaka potpomognuta računalom svakidašnja praksa. Sve više se rabi modeliranje i simultano inženjerstvo s nizom prednosti. Posebice se projektiraju programski paketi. Za Hrvatsku je postojanje tržišta uvjet za razvoj ljevarstva. Dovoljan je podatak da u 2002. godini od ukupno proizvedenih 53 076 tona odljevaka izvezeno je 58,6%. Proizvode se odljevci od žilavog, tlačnog, kokilno ljevanog, Al-ljeva, itd. Neke tvrtke nabavljaju programske pakete za konstrukciju ljevanih dijelova kao i simulacijske pakete za lijevanje, napajanje odljevaka [1]. Zahvaljujući mogućnostima povezivanja sa

stranim partnerima, kvalitetnim i fleksibilnim programima lijevanja, dugogodišnjem iskustvu i uspjesima, budućnost ljevarstva u Hrvatskoj ne bi smjela doći u pitanje.

U pogledu razvoja tehnologije obrade deformiranjem postoje usmjerenja prema ujednačavanju i/ili povećanju presjeka uloška, rabljenju uzdužnih vlačnih naprezanja, poboljšanju mjerno-regulacijske tehnike, kompletiranju postrojenja uređajima za optimalno vođenje postupka zagrijavanja i selektivni utjecaj na temperaturno polje za vrijeme i poslije oblikovanja, te povezivanju više stupnjeva postupaka uz znatno sniženje utroška energije. Kombiniranje dvaju ili više procesnih stupnjeva potpuno različitog karaktera predstavlja promjenu u proizvodnom procesu. Kod obojenih metala postignuti su dobri rezultati povezivanjem ljevačkog i toplovaljačkog procesa postupcima proizvodnje šipki i žice (Properzi, Hazalatt i Dip-forming postupci). Aluminij i čelik se već lijevaju u trake tanje od 1 mm. Slično je i kod čelika (izravno lijevanje žice promjera oko 7 mm, lijevanje predvaljanih traka debljine 40 - 50 mm, te postupci završnog valjanja trake: Compact Strip Production - CSP, Inline Strip Production - ISP, Casting, Presing, Rolling - CPR itd.). Kod profila sve se više koristi izravno kontinuirano lijevanje (npr. profil nosača). Na području hladnog oblikovanja započinje povezivanje vučenja, toplinske obradbe, dekapiranja te hladnog valjanja čeličnih traka.

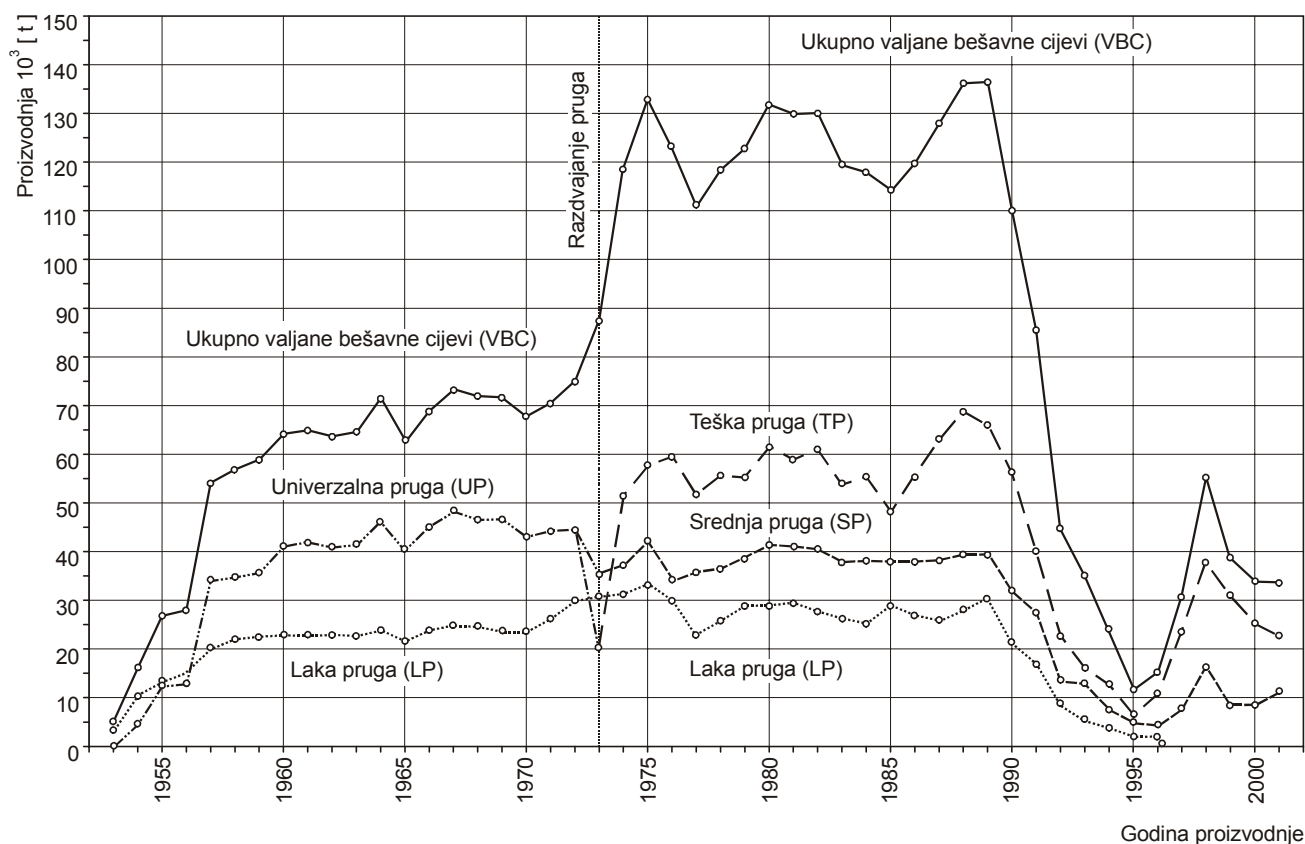
Može se zaključiti da je došlo do velikog razvoja u tehnologijama. Brzine valjanja su preko 200 m/s. Tijekom proizvodnje profili se kontroliraju laserskom tehnikom, mjeri se naprezanje u traci specijalnim valjcima, a poboljšane su tehnike procesnog računanja, modificirano je kalibriranje, međuhlađenje, visokotemperaturna (VTTO) i niskotemperaturna termomehanička obrada (NTTO), modificirana je površina materijala. Koriste se moderni valjački stanovi sa 6 i više (do 20) valjaka. Kod proizvodnje bešavnih cijevi razvijene su nove tehnologije (npr. Multi-stand Pipe Mill- Stand Less - MPM-SL, Aetna Standard Corporation - ACCU-ROOL, Planeten Schrag-Walzwerk - PSW itd.) uz korištenje kontinuirano lijevanih poluproizvoda (cjevnic). Kod hladnog vučenja došlo je do povećanja brzine vučenja (do 150 m/min), razvoja kontinuirano vučnih klupa, objedinjavanja pojedinih tehnoloških faza u proizvodnim linijama, što omogućuje vučenja iznad 40 m. Kod proizvodnje šavnih cijevi usavršena je tehnologija zavarivanja, (brzine preko 200 m/min). Izvedena je automatska kontrola dovođenja topline mjerenjem temperature i brzine zavarivanja, porast frekvencije, podešavanje pritiska tlačnih valjaka. Posebno se razvija tehnologija visokofrekventnog zavarivanja pod zaštitnom atmosferom. Kod slobodnog kovanja uspjelo se prerađivati pojedinačni uložak težine i preko 600 tona. Za ove razvijene postupke obrade deformiranjem primjenjuju se usavršene metode ispitivanja bez razaranja [1].

U Hrvatskoj je zastupljena preradba u bešavne (Željezara Sisak) i šavne cijevi (Željezara Sisak i Podpićan), te betonski čelik (Željezara Split). Po proizvodnji bešavnih cijevi



Hrvatska se nalazi između 34 države. Cijela je proizvodnja po Calmesu (projekt iz 1925. godine), a na slici 4. dana je ukupna proizvodnja tijekom skoro 50 godina [25].

Ivan je podatak da na primjer Austrija proizvodi 6,5 mil. t/god čelika, Mađarska 2,5 mil. t/god, Slovenija 0,5 mil. t/god, Slovačka preko 4 mil. t/god. Švicarska, zemlja banaka,



Slika 4. Prikaz proizvodnje prve klase bešavnih cijevi u Željezari Sisak od 1953. do 2001.  
Figure 4. Presentation of the manufacture of first-grade seamless tubes in Željezara Sisak from 1953 to 2001

Cijena preradbe je po toni cijevi dosta visoka (iznad 200 €), ali ju je moguće smanjiti i u sadašnjim uvjetima. Posebice, uz investiciju od cca 16 000 000 € moguća bi cijena po toni bila 110 € što je prihvatljivo i u svjetskim razmjerima [26].

Kapacitet šavnih cijevi u Željezari Sisak je do 200 000 tona u godini, a u Podpićnu 12 000 tona u godini. U Željezari Split je izvedena rekonstrukcija i modernizacija tako da je sada moguća proizvodnja čelika do 180 000 t/god, valjanih proizvoda do 170 000 t/god. Uz kapacitet hladne preradbe do 30 000 t/god, Željezara Split može ekonomično poslovati, a tržište je kompletno osigurano u Hrvatskoj.

Željezara Sisak je po drugi put privatizirana (sada Mechel - Željezara d.o.o.) a to se predmnijeva i za Željezaru Split te TLM. Tvornica šavnih cijevi - Podpićan je od ranije privatizirana i posluje uspješno. Budućnost završnih, plastično prerađenih proizvoda (bešavne, šavne cijevi, betonski čelik te proizvodi iz Al i Al-slitina) u Hrvatskoj ovisi o nakani vlasnika poslije privatizacije.

Mnoge države koje kao Hrvatska nemaju prirodne resurse ipak daju veliku pozornost za razvitak metalurgije. Dovo-

ljuje turizma, proizvodnje satova i t.d., ima razvijenu metalurgiju. Nažalost Hrvatska nakon nekoliko nekvalitetnih sanacija, želi privatizirati metalurške tvrtke, te budućnost metalurgije ovisi isključivo o vlasnicima poslije privatizacije.

## ZAKLJUČAK

Postignuća u metalurgiji imala su veliki utjecaj na razvoj civilizacije, što je dokaz da su prema metalurškim proizvodima nazvane etape čovječanstva.

9 000 godina metalurgiju u svijetu a preko 6 000 godina na tlu današnje Hrvatske dokazuje da je metalurgija (kao struka) najstariji obrt, ali i jedna od najmlađih znanstvenih disciplina [6].

Na području Hrvatske, na položaju Gradac - Vučedol, registrirana je iz prapovijesnog doba metalurška radionica s prvom serijskom proizvodnjom metala, za sada najstarija takva u Europi (3000 - 2200. g. pr. Kr.). Metalurgija je tada imala veliki procvat i iz Vučedola se proširila po velikom dijelu Europe. Uz ostale lokalitete, važno je istaknuti razvijenu metalurgiju kod Kelta, a poslije i kod Rimljana.

U rimsko doba Sisak (Siscia) i njegova šira okolica postaju jedno od najvećih metalurških središta čitava carstva (metalurške radionice za izradbu oružja i oruđa i kovnice novca) s uhodanim vodenim i cestovnim komunikacijama za dopremu ingota i otpremu gotovih proizvoda.

Poslije propasti Rimskog Carstva, metalurška djelatnost zamire da bi se obnovila krajem 10. st. dolaskom Sasa. To je doba razvitka metalurgije u Hrvata. U srednjovjekovnom razdoblju ističe se iznovice na širem području Siska i Banovine izradba prve talionice i kovnice novca, kada je korištena željezna, olovna, bakrena i srebrna ruda. Veliki je doprinos dao grof Petar Zrinski, čiji su metalurški pogoni bili u Banovini i u Gorskom kotaru (Čabar).

Prodorom Turaka ta djelatnost zamire da bi iznovice oživjela u 18. stoljeću. Tada se izgrađuju visoke peći za proizvodnju željeza, talionice bakra itd. Posebice je bilo razvijeno lijevanje zvona (a i topova). Puštanje u pogon lijevaonice u Rijeci 1853., proizvodnja i lijevanje aluminija u Lozovcu 1937. i visoke peći u Capragu 1939. mogu se smatrati prvim metalurškim pogonima na teritoriju današnje Hrvatske, u industrijskom smislu riječi.

Uspoređujući današnje stanje metalurgije u Hrvatskoj sa svjetskim postignućima, može se uočiti veliko zaostajanje u razvitku od trideset i više godina.

Za razliku od mnogih država koje kao i Hrvatska nemaju prirodnih resursa za razvitak metalurgije ali daju veliku pozornost metalurgiji (Austrija, Švicarska, Mađarska i mnoge druge države), Hrvatska poslije nekoliko neuspješnih sanacija privatizira metalurške tvrtke. Budućnost hrvatske metalurgije ovisi isključivo o nakanama vlasnika, očekivano inozemnim ulagačima.

## LITERATURA

- [1] Grupe autora: Hrvatski inovacijski sustav i razvijenost tehničkih znanosti, dio 2.13. Metalurgija prilog za projekt Ministarstva znanosti i tehnologije, Metalurški fakultet Sisak, Sisak 2002. godina (neobjavljeno)
- [2] I. Mamuzić: 6 000 godina metalurgije u Hrvatskoj, Zbornik radova povodom 75. obljetnice tehničkih fakulteta, Sveučilište Zagreb, "Razvitak i dostignuća tehničkih područja u Hrvatskoj", Zagreb 1994., str. 233-259
- [3] V. A. Kirilin: Stanicy istorii nauki i tehniki, "Nauka", Moskva, 1986., str. 12, 13, 276, 277
- [4] H. Wubbenhorst: 5 000 Jahre Giesserei, Verlag GMBH Düsseldorf 1984., str. 5
- [5] R. F. Tylecote: A History of metallurgy. Times Books Limited, London 1976., str. 12
- [6] A. Bonefačić: Metalurgija i fizika - međusobna povezanost u znanosti i obrazovanju, Zbirka referata, "Obrazovanje za vlastiti tehnološki razvoj", Savez inženjera i tehničara Hrvatske, Zagreb 1985., str. 131-139
- [7] I. Pantelić: Tehnologija termičke obrade čelika, I knjiga Opća termička obrada, Radnički univerzitet "Radiivoj Čurpanov", Novi Sad 1976, str. 7-9
- [8] J. Črnko: Metalurgija 32 (1993) 3, str. 117-121
- [9] A. Durman: Vučedolska kultura, Zbornik referata "Vučedol - treće tisućljeće pr. Kr.", MGC, Zagreb 1988., str. 13-20
- [10] A. Durman: Metalurgija vučedolskog kulturnog kompleksa, Opuscula Archaeologica 6 (1983) 8, str. 1-75
- [11] A. Durman: Prilog za rekonstrukciju najnovije povijesti, Zbornik referata "Zbornik naučnih i publicističkih radova od prijeslaven-skih doba do naših dana", knjiga 1, Dvor na Uni 1991, str. 89-93
- [12] A. Durman: O geostrateškom položaju Siscie. Opuscula Archaeologica (1993), vol 16, str. 117-131
- [13] T. Derry, T. Viliams: A short Histori of technology, Oxford at the clarendon press, Oxford, 1960., str. 122 i 124
- [14] F. Debeuc: Ljevarstvo, 2 (1955) 4, 72-84
- [15] Z. Strižić, Rudarenje u Baniji, Vjesnik Željezara, Sisak, 38 (1990), 730-733, str. 2
- [16] Z. Čepo, Željezara Sisak 1938-1978, Metalurški kombinat Željezara Sisak, Sisak III izdanje, Sisak 1978.
- [17] Š. Vlahov, Gorski Kotar, Tiskara Stanković i Poljak, Zagreb 1938., str. 23
- [18] F. Debeuc, Ljevarstvo 15 (1969) 3, 107-143
- [19] V. Muljević, I. Rabljanin - ljevač zvona i topova, JAZU i Skupština općine Rab, Rapski zbornik, Zagreb 1987., str. 301-312
- [20] F. Debeuc, Ljevarstvo 16 (1969) 1, 26-49
- [21] M. Galić, 40 godina rada Saveza ljevača u Hrvatskoj, Uvodni referat na jubilarnom skupu ljevača Hrvatske Zagreb, 1994., str. 1-3
- [22] A. Vranković, Početak i dalji razvoj Al-industrije u Šibeniku; Današnje kretanje u Al-industriji, Interno izvješće, Šibenik 1994., str. 1-4
- [23] N. Urukalo, Nova valjaonica utrostručuje proizvodnju, Slobodna Dalmacija, 17. 12. 2002., 16
- [24] I. Mamuzić, V. Druyan: Teorija, materijali, tehnologija čeličnih cijevi, udžbenik, Hrvatsko metalurško društvo, Zagreb 1996.
- [25] N. Devčić, I. Mamuzić: 50 obljetnica proizvodnje bešavnih cijevi u Hrvatskoj, Metalurgija 43 (2003) 1, 47-55
- [26] N. Devčić, L. Lazić, I. Mamuzić. Optimizacija proizvodnje bešavnih cijevi u Mechel - Željezara d.o.o., prijedlog projekta vlasniku Mechel, Sisak, 2003. godina (neobjavljeno)