

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FILOZOFSKI FAKULTET

Odsjek za arheologiju

DIPLOMSKI RAD

Metalurgija rane bronce na prostoru Hrvatske

PETAR PANZA

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FILOZOFSKI FAKULTET

Odsjek za arheologiju

DIPLOMSKI RAD

Metalurgija rane bronce na prostoru Hrvatske

PETAR PANZA

Mentor: prof. dr. sc. Aleksandar Durman

Zagreb, 2016.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. VREMENSKO – PROSTORNI OKVIR	3
3. POČECI METALURGIJE	5
4. METALURGIJA PRIJE BRONCE – METALURGIJA BAKRA	6
5. ARSENSKA BRONCA	9
6. PRAVA BRONCA	12
7. ORUĐA ZANATA	20
7.1. Alat i radionica	20
7.2. Peći	24
7.3. Puhaljke ili mjehovi?	27
7.4. Čekići i kovanje	29
8. RUDARENJE I RUDE	33
8.1. Rudarenje	33
8.2. Bakar – o rudi, nalazištima i osobinama	35
8.3. Arsen – o rudi, nalazištima i osobinama	39
8.4. Kositar – o rudi, nalazištima i osobinama	41
9. RUDNA GLAVA– OGLEDNI PRIMJER NAČINA RUDARENJA	46
10. KULTURE	49
10.1. Badenska kultura	50
10.1.1. Vučedol – Vinograd Streim	54
10.1.2. Okukalj	56
10.1.3. Donja Vrba – Saloš	57
10.2. Kostolačka kultura	60
10.2.1. Đakovo – Franjevac	62
10.3. Vučedolska kultura	65
10.3.1. Vučedol – Gradac	70
10.3.2. Vinkovci – Tržnica	74
10.3.3. Ostave vučedolske kulture na hrvatskom prostoru	77
10.4. Vinkovačka kultura	86
10.5. Cetinska kultura	90
10.5.1. Brončani nalazi cetinske kulture	93
10.5.1.1. Prva faza	93
10.5.1.2. Druga faza	96
10.5.1.3. Treća faza	97
11. ZAKLJUČAK	100
12. POPIS PRILOGA	111
12.1. Popis slika	111
12.2. Popis literature	113

1. UVOD

Cjelokupna ljudska povijest obilježena je konstantnim razvojem i upotrebom različitih materijala za izradu oruđa, oružja i nakita. Ta promjena je vidljiva u dugom vremenskom periodu od početka paleolitika pa do metalnog doba, a traje i danas. Pojedini materijali tako su obilježili cijele kulture i civilizacije svojim korištenjem. Kamen je dugo bio glavni materijali za izradu raznih alata neophodnih za čovjekov život i preživljavanje, ali je postupno prepustio to mjesto metalu kada početkom bakrenog doba čovjek počinje intenzivno proizvoditi i koristiti predmete od bakra. Kako bi koristio predmete napravljene od bakra, čovjek je trebao razviti razne metode traženja, pribavljanja i obrade bakrene rude da bi dobio čisti bakar koji je zatim kao sirovinu daljnjim tehnološkim postupcima pretvarao u razno oruđe, oružje i nakit korištene u svakodnevnom životu, sukobima i obredima. Postupno se pojavila i razvila cijela djelatnost koja se naziva metalurgija, a bavi se proizvodnjom metalnih predmeta iz ruda te njihovim unapređenjem i razvojem. Metalurgija je tako polako preuzimala ulogu u društvu kao jedan od vektora društvenog i tehnološkog napretka. Napretkom metalurgije pojavljuju se bolji i korisniji alati, kvalitetnije oružje te novi tipovi nakita napravljenog u novom mediju. Tako cjelokupna zajednica napreduje: boljim se alatom unapređuje zemljoradnja i obrti, oružje donosi prevagu na bojnom polju, a novi nakit kao simbol prestiža dovodi do izražaja početak društvene stratifikacije i pojave društvenih staleža.

Krajem bakrenog i početkom brončanog doba u prapovijesti dolazi do čitavog niza društvenih, ekonomskih i tehnoloških inovacija. Društvo se stratificira u slojeve, stvaraju se organizirani trgovački putovi i otvaraju nove rute, a tehnologija izrade predmeta od kovina se ubrzano razvija pa novi tipovi metala – *slitine* počinju uzimati primat u korištenju. Slitina po imenu bronca tako je postala najnapredniji oblik metala i dala ime periodu koji dolazi nakon bakrenog doba – brončano. Slitine ili legure su spojevi dvaju metala, a bronca je slitina metala bakra i kositra. Upotreba bronce donijela je sa sobom nove tehničke inovacije u metalurgiji i rudarstvu. Dosadašnje teorije i modeli europske prapovijesti zagovarale su ideju da je znanje o bronci došlo izdaleka s istoka, a izvori kositra su bili izvan Hrvatske i okolnog prostora. Suvremena saznanja daju sasvim novu sliku hrvatskoga prostora i metalurgije u ranome brončanom dobu te se fokus prebacuje s udaljenih krajeva istoka i zapada, kao izvorišta znanja i rude, na lokalni prostor i autohtoni razvoj temeljen na bakrenodobnoj metalurškoj tradiciji. No još uvijek nije sasvim jasan prelazak s upotrebe bakra na upotrebu

bronce, a sve je izraženija međufaza koju odlikuje upotreba arsenske bronce. Na prostoru Hrvatske period ranoga brončanoga doba slabo je poznat, a isto tako i metalurgija tog perioda. Ovim diplomskim radom prikazat će se pregled svih dosadašnjih saznanja o metalurgiji rane bronce na ovom prostoru s prikazom razvoja metalurgije, metalurških centara, rudnih ležišta, postupak dobivanja bronce i kratki popisa nalazišta te pokušati dati kratki pregled tijeka razvoja metalurgije ranoga brončanog doba.

2. VREMENSKO – PROSTORNI OKVIR

Da bismo uopće mogli govoriti o metalurgiji ranoga brončanog doba u Hrvatskoj, potrebno je definirati početak brončanog doba na ovom prostoru u okvirima europske kronologije brončanog doba. Pojam brončanog doba postoji od početka moderne arheologije, no njegovo značenje nije ujednačeno i jednako za sva područja te ne postoji opći konsenzus oko njegove upotrebe i značenja (Pare 2000, 1). Najveći problem definiranja brončanog doba te definiranja neke kulturne manifestacije kao brončanodobne proizlazi iz samog naziva „brončano doba“. Brončano doba je period u kojem prevladava upotreba predmeta od bronce, to jest legure bakra i kositra za većinu predmeta, osim onih od vrijednih metala (zlato, platina, srebro) (Pare 2000, 2). Pod pojmom bronca smatra se i dodatna legura od bakra i arsena ili bakra i olova koja nosi naziv arsenska i olovna bronca. No pod pojmom brončano doba se često spominju i razne teorije o društvenom uređenju koje proizlaze iz društvenog raslojavanja. S obzirom na to da je tema ovog rada metalurgija, o ovim se pojavama neće opširno govoriti te će biti spomenute po potrebi u sljedećim poglavljima. Kako je već rečeno, ovo je samo okvirno definiranje koje se može primijeniti u nekim regijama, dok kod drugih ne funkcionira, jednako kao što i sama promjena i prijelaz iz bakrene prema brončanoj tehnologiji može biti nagao ili postupan s dužim ili kraćim fazama između.

Prvi koji je uveo pojam brončanog doba u okviru tripartitnog sistema bio je Danac Christian Jürgensen Thomsen u svom djelu *Ledetraad til Nordisk Oldkundskab (Guide to Northern Antiquity)* (Trigger 2006, 74). Vođen idejama antičkih pisaca i učenjaka kao što je Lukrecije, Thomsen je predložio grubu podjelu prapovijesti na kameno, brončano i željezno doba. Budući da je europska prapovijest te davne 1836. godine bila u povojima, pojam bakrenog doba kao prethodnik brončanog još nije postojao (Trigger 2006, 70). U 20. stoljeću nova saznanja mijenjaju sliku europske, a i svjetske prapovijesti. Uvodi se pojam bakrenog doba s ciljem definiranja perioda koji prethodi bronci, a traje od kraja kasnog neolitika. U njegovim finalnim fazama razne kulture počinju eksperimentirati s lijevanjem slitina te se napokon događa procvat brončanodobne metalurgije i upotrebe predmeta od bronce. Prvom polovicom 20. stoljeća u arheologiji je prevladavala difuzionistička teorija i učenje da je većina naprednih znanja i tehnologija došlo s istoka. Predvodnik ove teorije je bio Vere Gordon Childe (Trigger 2006, 120). No početkom 60-ih godina 20. stoljeća dolazi do revolucije u arheološkom razmišljanju i pod okriljem nove arheologije predvođene Lewis Binfordom, stavlja se naglasak na multidisciplinarni pristup rješavanju problema i pitanja u

arheologiji (Trigger 2006, 180). Stara teorija o istočnom podrijetlu znanja se napušta i prihvaćaju se nova stajališta o autohtonim počecima kultura, metalurgije i ostalih novina koje se javljaju u prapovijesti, no ne isključuju se ni kulturni utjecaji i migracije (Trigger 2006, 190). Stavljanju kronoloških okvira europske bronce pridonijeli su Muller-Karpe i Reinecke sa svojim kronologijama. No brončano doba se ne javlja u cijelom svijetu u isto vrijeme te postoje različite kronologije za pojedine dijelove svijeta. Tako se na Bliskom istoku bronca javlja oko 3200. g. pr. n. e., na egejskom prostoru oko 3000. g. pr. n. e., jugoistočnoj Europi oko 2500. g. pr. n. e., a u zapadnoj Europi oko 2300. g. pr. n. e. (Pare 2000, 4). Iako je ovo samo okvirna periodizacija, ona nipošto nije potpuna te se konstantno polako mijenja. Ne smije se zaboraviti ni pojava bronce na britanskom otočju, posebno u predjelu Cornwalla gdje se bronca javlja relativno rano oko 3000. g. pr. n. e. i to nakon neobično kratkog perioda bakrenog doba koje traje samo dvjestotinjak godina (Penhaullurick 1986, 52), za razliku od europskog bakrenog doba koje, ovisno o regiji, traje s manjim ili većim odstupanjima od 4. do 3. tisućljeća pr. n. e. (Horvath i Virag 2003, 125). Brončano doba se javlja po Reineckeu oko 1800. g. pr. n. e. u središnjoj Europi (Durman 1992, 1).

Hrvatska svojim geografskim položajem pripada Balkanskom poluotoku i jugoistočnoj Europi. Zemljopisno Hrvatska obuhvaća prostor koji se proteže od prostrane Panonske nizine preko uskog područja Dinarskog gorja do obale Jadranskog mora. Hrvatska se polovicom svoga teritorija nalazi u panonsko-peripanonskom prostoru, trećinom u primorskom ili jadranskom dijelu, dok ostatak čini gorski ili dinarski prostor. Iako je tema ovog rada hrvatski prostor, ne smiju se izostaviti ni zaboraviti brojni kulturni utjecaji šireg balkanskog prostora koji su svojim djelovanjem sudjelovali u formiranju kultura kasnog bakrenog doba na čijim temeljima nastaju kulture ranoga brončanog doba. Utjecaji koji su bitni za razmatranje prvenstveno su izraženi u kulturama srednjeg i kasnog bakrenog doba, kao što su badenska i vučedolska, na čijim temeljima početkom rane bronce dolazi do procvata brončanodobne metalurgije s pravom broncom. Ne smije se zaboraviti ni na raširenu praksu rudarenja na balkanskom prostoru koji obiluje ležištima bakra, arsena, olova te kositra u manjim količinama. U prilog ovome govore i mnogi rudnici koji su u upotrebi i danas, a imaju tragove prapovijesnog eksploatiranja. O tome će biti više rečeno u sljedećim poglavljima. Ranobrončanodobne kulture za koje se smatra da su imale metalnu produkciju su vinkovačka kultura koja pripada kompleksu Vinkovci – Somogyvár u sjevernoj Hrvatskoj i Slavoniji te cetinska kultura koja igra glavnu ulogu u Dalmaciji. O ovim će kulturama biti više govora u sljedećim poglavljima.

3. POČECI METALURGIJE

Pojavom metalurgije u prapovijesti čovjek je ovladao i dobio novo moćno umijeće i vještinu koja mu je otvorila put daljnjem tehnološkom razvoju i boljim uvjetima života. Metalurgija se smatra najznačajnijim tehnološkim otkrićem (Pravidur 2014, 1) koje je čovjek usvojio. Metalurgija je u svom početnom obliku bila vještina i umijeće kojim su baratali određeni pojedinci unutar prapovijesne zajednice. No danas kada kažemo metalurgija prvenstveno mislimo na vrstu znanosti koja je grana inženjeringa i koja služi za dobivanje raznih legura od metala. Riječ metalurgija¹ dolazi od grčke riječi metallourgós: rudar ≈

metalo- + érgon: rad. Pod domenu metalurgije spadaju radnje rudarenja i traženja ruda — sirovina, primarna i sekundarna obrada ruda s ciljem dobivanja metala i slitina i finalno mehaničko oblikovanje u željene predmete određenih oblika i svojstava².

Pojava metalurgije ujedno je i jedna od najintenzivnije istraživanih pojava u prapovijesti, a sveprisutnost prapovijesnih metala bakra, bronce, srebra i zlata zajedno s keramičkim nalazima poslužili su kao kronološka okosnica u određivanju kasnije europske i svjetske prapovijesti (Ottaway i Roberts 2008, 193). Početna faza metalurgije veže se uz bakar, a kasnijim razvojem slijedi arsenska bronca i prava bronca. Upotrebom bakra i bakrenih predmeta započelo je novo doba kulturnih, društvenih i ekonomskih promjena (Pravidur 2014, 2).

¹ <http://hjp.novi-liber.hr/index.php?show=search> Pristupljeno 08.09.2015

² <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/108584> Pristupljeno 08.09.2015

4. METALURGIJA PRIJE BRONCE – METALURGIJA BAKRA

Početak metalurgije veže se uz upotrebu bakra. Upotrebom površinskih nalaza samorodnog bakra te kasnije eksploatacijom karbonatnih i oksidnih ruda (Pravidur 2014, 2), stvorena je podloga za daljnji razvoj metalurgije, kako u svijetu tako i na balkanskom i hrvatskom prostoru. Prvi predmeti od samorodnih metala uglavnom bakra, ali katkad i zlata, pojavljuju se već na Bliskom istoku u 9. i 8. tisućljeću pr. n. e., Iranu u 7. tisućljeću pr. n. e. (Tylecote 1976, 3), Kreti u 6. tisućljeću pr. n. e., prostoru Turske i Kavkaza u 5. tisućljeću pr. n. e. i jugoistočnoj Europi u 4. tisućljeću pr. n. e. (Tylecote 1976, 20).

Prvi predmeti nastali od samorodnog bakra na Balkanu u vremenu kasnog neolitika unutar vinčanske kulture bili su mali i ukrasnog karaktera – razne perle i sitni nakit te šila (Durman 1983, 12). Njihovom pojavom, tijekom koje su otkriveni prvi načini obrade metala: kovanje, zagrijavanje, mljevenje, brušenje i rezanje samorodnog metala, ovu fazu možemo nazvati svojevrsnom fazom *samorodnih metala* (Forbes 1964, 8). Te tehnike obrade prvih samorodnih komada bakra nisu se previše razlikovale od načina obrade kamena (Durman 1983, 21). Ubrzo je, zbog geološke prirode ležišta bakra, logičan sljedeći korak u iskorištavanju ruda bilo korištenje oksidnih (malahita) i karbonatnih ležišta ruda koje, stratigrafski gledano, stoje ispod samorodnog bakra (Tylecote 1976, IX). Ova faza se može smatrati *fazom rudarenja* (Forbes 1964, 8). U njoj naravno dolazi do potpunog razvijanja rudarenja kao ekonomske grane i podloge za daljnju metalurgiju. Čovjek počinje koristiti oksidne i karbonatne rude bakra te u potrazi za njima kopa duboka okna u zemlji i stvara prve rudnike. Taj se obrazac ponavlja po cijelom svijetu, a u neposrednoj blizini hrvatskog prostora dokazi rudarske djelatnosti eneolitičkog perioda mogu se naći na lokalitetima kao što su Ai-bunar i Rudna glava (Durman 1983, 3; Jovanović 1982, 2).

Nakon poduzetog perioda tijekom kojeg je čovjek spoznao nove načine primjene bakra, započinje sljedeća etapa razvoja metalurgije koju Forbes naziva rudnom fazom, a njena glavna odlika je izraženo rudarenje te termička obrada rude s ciljem dobivanja čistog bakra

(Forbes 1964, 64). U njoj dolazi do potpunog odvajanja metalurgije kao djelatnosti i rudarenja koje postaje specijalizirano zanimanje. Rudari su ujedno jedini znali pronaći pravu rudu u prirodi te odrediti njezinu kvalitetu (Forbes 1964, 103). Da bi dobio korisnu sirovinu, to jest bakar iz karbonatnih i oksidnih ruda, čovjek je prvo morao iskopanu rudu usitniti batovima na manje komadiće, transportirati ju do proizvodnog mjesta te tu, s pomoću vatre i visokih temperatura koje se postižu u talioničkoj peći, izdvojiti metal od ostatka rudne smjese (Forbes 1964, 64; Durman 1988, 30). Sama tehnologija i tradicija takvih peći najvjerojatnije ima korijene u tehnologiji i postupcima potrebnim za proizvodnju kasne neolitičke bojane keramike i crne glačane keramike. Osim načina dobivanja potrebne temperature u tim pećima, trebali su biti poznati i redukcijski principi koji se odvijaju u peći tijekom gorenja. Kao ishodišta ovih tehnologija navode se Bugarska, Srbija i Bliski istok, gdje su ujedno bila i rudna ležišta te se vjerojatno radi o zasebnom razvoju (Sherratt 1993, 11). Iz ovih "centara" kasnije se znanje širi po ostatku Europe (Sherratt 1993, 12). Ove prve peći bile su polukružnog oblika sa skoro jednakom visinom i promjerom kruga i zaobljenog dna (Forbes 1964, 120; Durman 1983, 57) te su služile za izvlačenje čistog bakra iz rude koji se kasnije skupljao i ponovno zagrijavao te potom lijevao u glinene kalupe da bi se dobio i napravio željeni predmet. Redukcijski proces koji se odvijao u takvoj peći koristio je kisik koji bi se vezao uz ugljik pri visokim temperaturama te tako oslobodio bakar koji bi se skupljao pri dnu peći (Durman 1983, 58).

Proces dobivanja čistog bakra sastojao se od nekoliko radnji. Proizvodno mjesto je obično bilo u naselju i sastojalo se od peći zatvorenih polukružnih stijenki, unutarnje strane od kamena, a izvana obložena glinom (Forbes 1964, 121). Mogla su postojati i manja vatrišta ili otvorene peći koja su služila za topljenje bakra (Forbes 1964, 122), a mogle su se koristiti i zatvorene peći (Durman 1988, 35). Drveni ugljen je bio visokokalorično gorivo koje je izgaranjem stvaralo visoke temperature u pećima i vatrištima, potrebne u metalurškim procesima (Forbes 1964, 123). Bakar se skupljao i stavljao u posebne posude za taljenje koje su imale debele stijenke te lijevak i tuljac za nasad štapa (Forbes 1964, 134). Takav rastaljeni bakar se mogao dalje lijevati u kalupe po želji.

Prva tehnika dobivanja bakrenih predmeta korištena u ranom i srednjem eneolitiku je bila "à cire perdue"³. Ona se u Karpatskoj kotlini javlja tijekom ranog i srednjeg eneolitika

³ Tehnika "izgubljenog" voska.

(Durman 1988, 32; Forbes 1964, 135). Dosad najstariji tragovi upotrebe ove tehnike nađeni su na otoku Lemnu i datirani su u prvu polovicu trećeg tisućljeća (Durman 2006, 25). Da bi se dobio potreban predmet od bakra, prvo ga je trebalo napraviti kao prototip u vosku. Nakon toga bi se na prototip stavljao glineni omotač i dobio bi se kalup s jednom rupom za lijevanje. Tada bi se u osušeni kalup ulijevao vrući taljeni bakar te bi vosak ispario i nestao, a bakar popunio sve pukotine u kalupu i tako zadobio oblik željenog predmeta. Nakon toga bi se sve pustilo da se ohladi, a na kraju se kalup razbijao te bi ostao samo gotovi bakreni predmet (Durman 1988, 34; Forbes 1964, 133). Jasno je da je ova tehnika zahtijevala dug proizvodni proces.

Rastaljeni bakar kasnije se počinje lijevati u jednodijelne zatvorene kalupe koji bi se polako hladili i nakon određenog vremena hlađenja, katkad i do 20 dana, razbijali,⁴ a predmet od bakra bi ostajao čitav. Ovakvi prvi kalupi bili su izrađeni od gline. Postoje različita mišljenja o tome jesu li kalupi bili prvo pečeni u vatri i tada korišteni za lijevanja ili su korišteni suhi, ali nepečeni te bi se u dodiru s otopljenim metalom ispekli. Kalupi su često bili debelih stijenki, a zbog nagle promjene temperature i velikog stresa prilikom lijevanja, i kasnije tijekom hlađenja metala koji je djelovao na stijenske, one su znale pucati te bi tako predmet propadao, pa je bilo potrebno ponovno topiti metal i koristiti novi kalup. Ujedno je glina od koje su se radili bila često loše kvalitete (Durman 1988, 34 ; Forbes 1964, 134). Prednost ovakvog načina dobivanja bakrenih predmeta u odnosu na tehniku "à cire perdue" je u tome što se originalni prototip predmeta mogao utisnuti u keramički kalup čime se proizvodni proces ubrzavao.

Ujedno valja primijetiti da je skoro nemoguće napraviti razliku između nastalih predmeta i onih nastalih od samorodnog bakra i iz oksidnih ruda jer bi nakon zagrijavanja i redukcijskih procesa ostajao elementarni čisti bakar, a predmet se mogao reciklirati ako bi pukao ili se ošteti (Maddin *et al* 1980, 21). Ove se pojave javljaju na prostoru jugoistočne Europe u eneolitiku, ali i na Bliskom istoku i gotovo je nemoguće pokazati neko od tih mjesta kao izvorište znanja, već se vjerojatnije radi o paralelnom razvoju (Durman 1983, 3). Ovakav način metalurških aktivnosti uglavnom se javlja tijekom ranog i srednjeg eneolitika u

⁴ Katkad bi kalupi nakon vađenja metalnog predmeta ostajali čitavi, ali su im stijenske bile nepovratno uništene te su se takvi kalupi odbacivali, a moglo se dogoditi da je majstor pokušavao i popraviti kalup dodavanjem novog sloja gline, što je dovodilo do dvojbениh rezultata.

Hrvatskoj, a već krajem srednjeg i dobrim dijelom kasnog eneolitika na pozornicu stupa nova "arsenska" metalurgija koja prethodi brončanoj.

5. ARSENSKA BRONCA

Nova razvojna faza rane metalurgije nastaje pojavom legura arsena i bakra.

Legura ili slitina je po definiciji materijal s osobinama metala, homogen na makroskopskoj skali te se sastoji od dva ili više elemenata od kojih barem jedan mora biti metal (Papadimitrou 2004, 271). Svojstva same slitine različita su od svojstava pojedinačnih metala koji je sačinjavaju. Tehnički gledano, nova legura se javlja na balkanskom prostoru krajem srednjeg i u kasnom eneolitiku, a najvjerojatnije je razlog tome iscrpljivanje oksidnih ležišta bakra, što je tjeralo rudare da kopaju dublje u potrazi za bakrom te da pronalaze nova dublja nalazišta (Durman 1988, 38; Forbes 1964, 29). Naime, ono što se u prirodi vidi kao samородni bakar, a ispod njega oksidni sloj bakrene rude, samo su vrh "ledenog brijega" bakrenog ležišta koje se nalazi ispod zemlje (Durman 1988, 39). Sukladno ovom saznanju i nedostatku oksidnih ruda, eneolitički su majstori odlučili iskoristiti sljedeći sloj bakrene rude. Tom sloju obično pripadaju takozvane sulfidne rude koje osim velikog postotka bakra sadrže i dosta "nečistoća" u vidu sumpora (S), arsena (As), bizmuta (Bi), cinka (Zn), antimona (An), olova (Pb) i drugih metala u tragovima (Pare 2000, 6; Durman 1983, 55; Papadimitrou 2004, 271). Najčešće rude koje su se koristile na balkanskom prostoru su sulfidne rude sinjavci, također poznati kao tetraedriti i taneniti (Durman 1983, 55; Pravidur 2014, 4).

Na prostor Karpatske kotline prva kultura koja donosi razvoj arsenske bronce je badenska kultura u svojoj kasnoj fazi, dok se pravi procvat arsenske bronce događa za vrijeme perioda vučedolske kulture (Durman 1983, 57; 1992, 3). Osim nove rude koja se počinje eksploatirati, javlja se i nova tehnika izrade bakrenih predmeta. Novina je upotreba dvostrukih glinenih kalupa za proizvodnju predmeta od bakra (Durman 1988, 32) koji su bili bolje kvalitete izrade, tanjih stijenki i prvi put su omogućili svojevrstu serijsku proizvodnju nekog predmeta. Pojam serijska proizvodnja mora se shvatiti uvjetno jer se od jednog kalupa (ili para kalupa) nije mogao dobiti veći broj istih predmeta, ali se od jednog prototipa mogao utisnuti veliki broj kalupa te bi finalni proizvodi bili istovjetni prototipu (Durman 2006, 49;

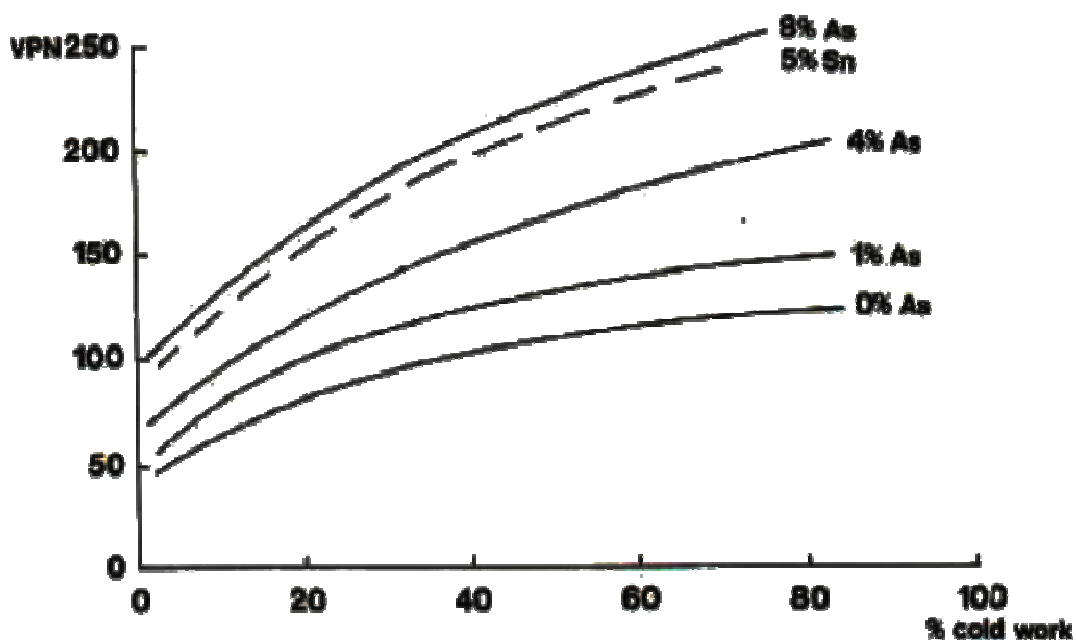
Pravidur 2014, 3). Osim što je nova vrsta kalupa bila kvalitetnija u odnosu na staru, bila je lakša, brže se sušila i pratila je konture predmeta koji se proizvodio. Samim time su pridonosili ubrzanju postupka proizvodnje predmeta od nove legure. Povećanom potražnjom za rudačom dio populacije se morao preseliti na rudna područja te su oni postali predani rudari koji su snabdijevali radioničke centre pogodnim rudama spremnim za obradu i pretvorbu u oružje i oruđe (Durman 1983, 39).

Kada spominjemo novu leguru mora se naglasiti da je ona po svom postanku najvjerojatnije "prirodna", to jest da je nastala zbog nemoći ljevača i metalurga da u potpunosti odvoji sve nečistoće iz bakrene rude (Durman 2006, 30). Zbog toga se cijeli ovaj period naziva i periodom arsenske ili antimonske bronce, a zapravo služi kao svojevrsno protobrončano doba s metalurške perspektive jer najavljuje buduće događaje i novine koje će uslijediti (Pravidur 2014, 4; Papadimitrou 2004, 271).

Sulfidne rude zahtijevale su prije svega novu tehniku taljenja i novu vrstu peći. Budući da u takvim rudama postoji arsen koji je jedan od najopasnijih otrova za čovjeka, rani su metalurzi na teži način otkrili da dotadašnje kupolaste zatvorene peći nisu dorasle zadatku. Problem koji se javlja je pojava plina arsina (AsH_3) koji nastaje spajanjem arsena i vodika u zraku pri temperaturama od 500 – 600 stupnjeva celzija. Plin ima miris po češnjaku, što je davnim ljevačima bio znak da se odmaknu od vatre. Dugotrajno izlaganje malim dozama ovog plina dovodilo je do oduzimanja osjeta u vrhovima prstiju, oduzimanja udova, paralize te smrti. Ujedno su i male količine dovodile do pojave šepavosti kod ljevača (Durman 2006, 34). Da bi se izbjeglo nepotrebno trovanje, kako majstora tako i cijelog naselja, radionice se premještaju u izolirane dijelove naselja ili na povišene dijelove, a peći u kojima se talila ruda prebačene su na otvoreno izvan same radionice. Bilo je potrebno osigurati dovoljno visoku temperaturu prilikom taljenja, a to se postiglo uvođenjem puhaljki za zrak ili mjehova kojima se dodavao mlaz kisika čime se pospješivalo izgaranje goriva – ugljena te time stvaralo bolje uvjete za oslobađanje bakra iz rude i redukcije otrovnih plinova koji su isparavanjem nestajali (Durman 1988, 35; Forbes 164 112). No po svemu sudeći, arheološki nalazi uglavnom potvrđuju da su na hrvatskom prostoru korištene puhaljke, a ne mjehovi iako mjehovi nisu isključeni (Durman 1988, 35).

Pri temperaturi višoj od 700 stupnjeva i s dodatkom kisika kroz puhaljke, sumpor, arsen, bizmut i antimon sublimiraju te se povezuju s kisikom i tvore okside i dioksidi čime napuštaju rudu u kojoj ostaje samo čisti bakar (Durman 1988, 38). Potom se bakar nakon

hlađenja skuplja i ponovno stavlja u posude za topljenje te se otopljen lijeva u prethodno pripremljene kalupe (Durman 1988, 37). Ubrzo se ispostavilo da bakar dobiven od sulfidnih ruda nije potpuno kemijski čist već ima male količine arsena i antimona. Jedini način da se dobije kemijski čist bakar iz sulfidnih ruda je procesom elektrolize koji davni ljevači naravno nisu poznavali. Nesposobnost metalurga i ljevača da proizvedu čisti bakar direktno je bila odgovorna za pojavu prve legure koja se danas naziva arsenskom bronzom (Durman 1988, 38). Ubrzo je ustanovljeno da te male količine zaostalog arsena bitno poboljšavaju same odlike metala koji se dobivao, a u slučaju arsenske bronce dovoljno je bilo da je arsen prisutan u leguri već od 1,5 % (Papadimitrou 2004, 279). Jedna od glavnih odlika koja se dobiva s novom legurom je njezina čvrstoća, a maksimalna čvrstoća se dobivala ako je omjer arsena u slitini bio 3 % (slika 1). Povećanjem ovog postotka na 6 – 8 % nije se bitno mijenjala čvrstoća samog materijala, ali se mijenjala sposobnost legure za naknadno moguće kovanje i obradu izlivenog predmeta, što polako postaje praksa ovog perioda, a nastavit će se u punom obliku u brončanom dobu (Papadimitrou 2004, 280). U ovom periodu arsen je prisutan u arsenskoj bronci u rasponu od 1 % pa do 6 % ovisno o lokalitetu i vještini metalurga (Papadimitrou 2004, 295).



Slika 1. Odnos tvrdoće po Vickersovoj skali tvrdoće u odnosu na razinu hladnog kovanja i arsena u slitini
Izvor: Northover 1989.

6. PRAVA BRONCA

Pravom broncom smatra se legura koja u sebi sadrži bakar (Cu) i kositar (Sn) u određenom omjeru. Pojavom ove legure na svjetskoj pozornici prapovijesti nastupa novo razdoblje društvenog, ekonomskog i tehnološkog razvoja. Zbog iscrpljivanja sulfidnih ležišta bakrene rude sinjavaca, drevni su rudari morali pronaći nove zalihe bakra koje su se pojavile u obliku halkopiritnih ruda (Tučan 1957, 33). Odlike halkopiritnih ruda su da osim bakra imaju u sebi i velik postotak željeza, dok bakar čini do trećine sastava. Ostatak čine željezo i sumpor u raznim omjerima. Glavna novina pri korištenju ovih ruda je činjenica da one ne sadrže arsen pa ne dolazi do otrovnih isparavanja prilikom taljenja rude, što ujedno čini cijeli postupak dobivanja metala sigurnim za metalurge i ljevače (Durman 2006, 33). Vjerojatno je to, uz nedostatak sulfidnih ruda, bio glavni razlog istiskivanja arsenske bronce iz upotrebe i potpune prevlasti prave bronce u novom razdoblju, iako u početnom periodu te dvije slitine i njihove tehnologije egzistiraju paralelno (Durman 2006, 33; Papadimitrou 2004, 282; Tylecote 1976, 17).

Glavni uvjet za dobivanje prave bronce je dostupnost novog materijala koji se zove kositar.

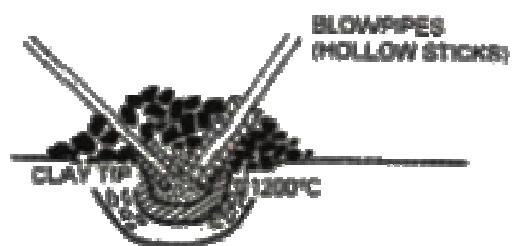
No problem s kositrom je što, za razliku od bakra, njega ima mnogo manje u prirodi te su tijekom brončanog doba postojale goleme mreže trgovačkih putova kojima je ovaj vrijedan mineral transportiran iz ležišta do radionica (Pare 2002, 7). Vjerojatno je i protok ovog dobra bio kontroliran, posebno na Bliskom istoku gdje se u 3. tisućljeću javljaju prve države (Pare 2002, 8). Kositar se javlja u dvije varijacije u prirodi: stanenit i kasiterit. Prvi je kompleksna ruda koja osim kositra sadrži bakar, željezo i sumpor, dok je druga oksid i sadrži samo kositar, a često se javlja na riječnim obalama kao tamno i sivo kamenje (Ottaway i Roberts 2008, 201; Tučan 1957 209). Kositra ima na nekoliko mjesta u Europi: Cornwall u Britaniji, gorje Erzseberg u Poljskoj, gorje Metallifero u Italiji, te u blizine Hrvatske na prostoru Srbije na Ceru i Bukulji, a postoje i nepotvrđene indikacije da ga ima na planini Motajica u Bosni,

južno od Požeške kotline (Penhallurick 1986, 50; Durman 1997, 9). Kositar se javlja i na Bliskom istoku kod Kastamone u Turskoj, Siestan u Iranu te Kesrwan u Libanonu (Tylecote 1976, 17). Kultura koja je na hrvatskom prostoru mogla lako doći do prvih količina kositra i halkopiritne rude bila je vučedolska u svojoj kasnoj fazi. Upravo je prostor Srbije igrao važnu ulogu u snabdijevanju rudama jer su se na samo nekoliko sati hoda od nalazišta kositra, Bukulje i Cera, nalazili rudnici bakra. Ujedno je ovaj prostor jako blizu hrvatskog pa je trgovinskim putovima ili organiziranim rudarenjem sirovina dopremana na lokalitete kao što su Vinkovci i Vučedol (Durman 1997, 11). Osim ovih nalazišta mogla su poslužiti i kasna nalazišta vučedolske kulture na sjeveru u Austriji i Češkoj koja su vjerojatno i bila osnovana s ciljem eksploatiranja rudnih ležišta. Ista se praksa odvijala i na bosanskom prostoru. Budući da vučedolska kultura i njezina nasljednica vinkovačka uvode kositrenu bronzu na ovaj prostor, postavlja se pitanje početka brončanog doba.

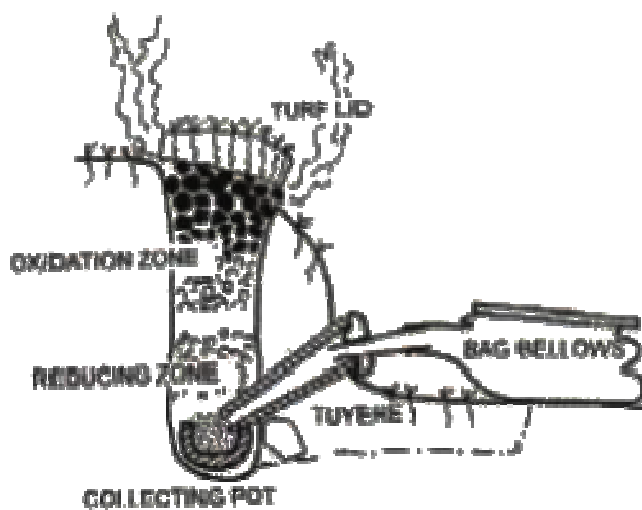
Prije je u arheologiji vladalo mišljenje da je znanje o kositru i pravoj bronci došlo s Istoka, to jest s Bliskog istoka, no novija otkrića pokazuju da se vjerojatno radi o paralelnim razvojem s mogućnošću da najstarija bronca dolazi s Balkana (Durman 1992). Dosad se pojava bronce s kositrom vezala uz 1800. g. pr. n. e. i Reineckeovu kronologiju. No novija istraživanja su pokazala postojanje anomalija u načinu mjerenja radioaktivnim ugljikom. Zbog te anomalije na Hans Suessovoj krivulji novom kalibracijom svi se datumi pomiču za 400 godina unatrag. Iako se početak brončanog doba na Bliskom istoku stavlja okvirno oko 3500. pr. n. e., zaboravlja se činjenica da u to doba na Bliskom istoku nema kositrene bronce (Durman 1992) već se koristi arsenska. Collin Renfrew je 1970. na lokalitetu Sitagroi datirao sloj V u period od 2500. do 2200. g. pr. n. e. Suštinski objekt cijelog lokaliteta je tip kasne vučedolske kuće s apsidom koja je jedina takva pronađena u Grčkoj (Durman 1992; Renfrew 1971, 132, 365). U "Spaljenoj kući" nađeni su najstariji predmeti od kositra s 3,4 % i 8 % udjela kositra u leguri, a pronađene su i metalurške peći. Ako se ti datumi povežu s kasnom vučedolskom kulturom i ranom vinkovačkom kod kojih postoje predmeti kositrene bronce u tom periodu, tada se nameće ideja o postojanju naselja Sitagroia kao svojevrsnog emporija odakle su kositar i bronca odlazili na istok, gdje se uostalom i pojavljuju tek nakon ovih datuma. Tako se može reći da je balkanski i hrvatski prostor vučedolske kulture bio ishodišna točka na putu bronce od zapada prema istoku (Durman 1992; Durman 1997, 80).

Da bi se dobila bronca iz halkopiritne rude potrebno ju je rastopiti te izvući bakar. No problem koji se javlja u tom procesu je postojanje željeza u rudi koje ondašnji metalurzi nisu

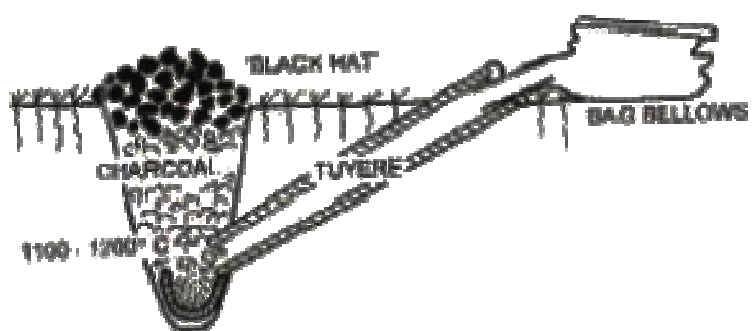
mogli ni znali upotrebljavati. Željezo (Fe) je topivo na temperaturi od 1500 stupnjeva, ali se jednim dijelom otopi i na nižoj temperaturi zbog djelovanja ugljika iz drvenog ugljena koji je služio kao gorivo, a ugljik djeluje kao katalizator topljenja te snižava temperaturu na 1000 stupnjeva Celzijevih (Durman 2006, 79). No korištenjem prvo puhaljki, a kasnije i mjeheva, u peć se dovodi dodatni kisik koji je ugljik pretvarao u ugljični dioksid čime bi se topljenje željeza zaustavilo (Durman 2006, 80). Da bi se iz halkopiritne rudače (CuFeS_2) izdvojio bakar, bilo je potrebno prvo ispeći rudu na ognjištu kako bi se sulfidna ruda pretvorila u oksidnu rudu (slika 2 i 3) (Woelk, Gelhoit i Bunk 1998, 264).



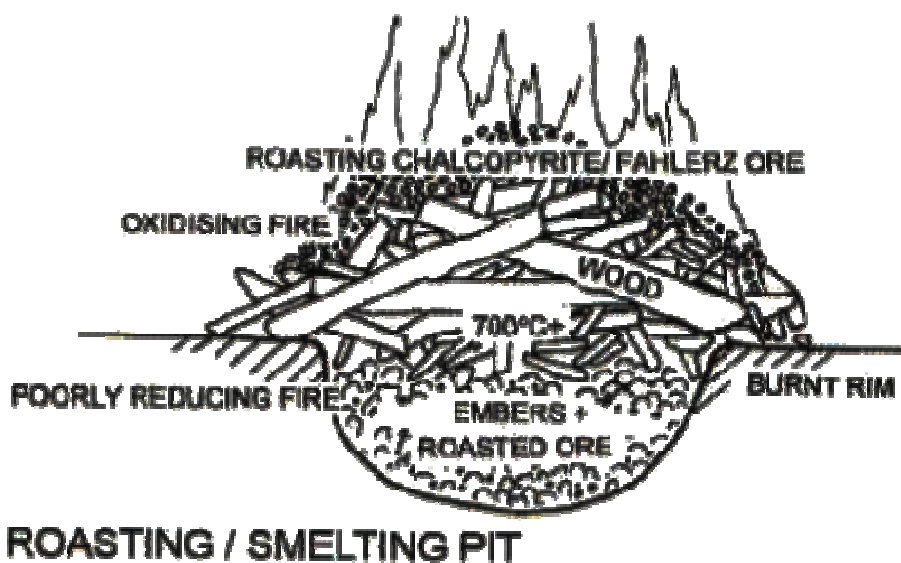
BANK FURNACE



POST-HOLE FURNACE

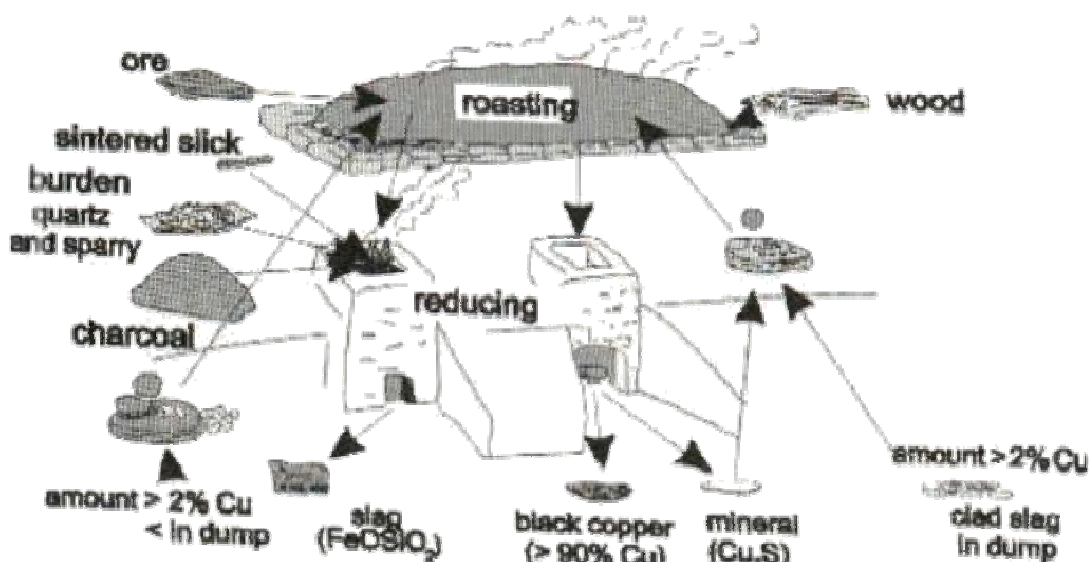


Slika 2. Mogući postavci peći i sistema puhaljki i mjevova
Izvor: Woelk, Gelhoit i Bunk 1998.



Slika 3. Shematski prikaz pečenja rude
Izvor: Woelk, Gelhoit i Bunk 1998.

Pečenjem rudače na otvorenom ognjištu uz ugljen koji izgara i pritom ostvaruje temperaturu višu od 500 stupnjeva Celzijevih egzotermnom⁵ se reakcijom ruda pretvara u oksidnu (slika 4).



Slika 4. Prikaz procesa dobivanja metala iz halkopiritne rude
Izvor: Woelk, Gelhoit i Bunk 1998.

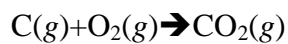
⁵ Egzotermne reakcije su one kod kojih se oslobađa toplina (<http://glossary.periodni.com>)

Ova se kemijska reakcija može izraziti jednostavnom kemijskom formulom:

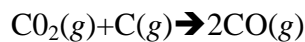


Iz ove je reakcije evidentno da se odstranio sumpor i dobila rudača s određenim udjelom bakra i željeza. Sljedeći je korak separacija bakra od željeza u posebnoj zatvorenoj peći u kojoj se dobiva čisti bakar iz oksidne rude (Woelk, Gelhoit i Bunk 1998, 264).

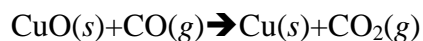
Pri visokim temperaturama iznad 1200 stupnjeva Celzijevih događaju se tri simultana kemijska procesa, svaki s posebnom svrhom. Prvi proces je izgaranje ugljena i kisika kojim se dobiva ugljični dioksid CO_2 .



Ova je reakcija jako egzotermna i odgovorna je za cjelokupnu količinu energije cijelog procesa koja se očituje kao toplina. Sljedeća reakcija koja se usporedno odvija je nastajanje redukcijskog plina ugljičnog monoksida CO .



Višak CO odlazi u hladnije dijelove peći i tu reagira s kisikom pri čemu stvara CO_2 koji se očituje plavkasto obojenim isparavanjima iz otvora peći. To je znak da su pogodeni idealni redukcijski uvjeti. Do redukcije bakrovog oksida CuO dolazi zbog izražene reaktivnosti plina ugljikovog monoksida koji na sebe veže kisik koji je do sad bio spojen s bakrom te na taj način oslobađa bakar i dobiva se čisti metal.



Posljednja prepreka dobivanju bakra ovim procesom je odvajanje željeza i sprječavanje njegova vezivanja za bakar (Woelk, Gelhoit i Bunk 1998, 264). Željezo (Fe) nije poželjno u bakru ili bronci jer remeti strukturu metala i čini finalni proizvod krkim i podložnim pucanju pa se iz tog razloga smatra nečistoćom u bronci koja se može tolerirati u iznimno malim koncentracijama koje nikako ne smiju prelaziti 4 % ukupnog udjela u masi predmeta (Durman 1997, 12; Ottaway i Roberts 2008, 205). Zato se pri obradi i taljenju halkopiritnih ruda rudnoj smjesi dodavao silicijev oksid (SiO) u obliku kvarcnog pijeska, a

namjena mu je bila da iz rude ukloni željezo na način da se silicij veže sa željezom i stvori silikatne minerale.⁶ Tako otopljeni minerali lakši su od samog rastaljenog bakra te se oni skupljaju na površini bakra gdje isplivaju i tu tvore svojevrsan sloj koji štiti otopljeni bakar od daljnje oksidacije.

Kvarcni pijesak ili silicijev oksid u ovom procesu igra ulogu fluksa. Fluksevi su tvari koje se rudi dodaju u metalurškom procesu taljenja kako bi pospješili izvlačenje nečistoća, olakšali taljenje i učinili taljevinu likvidnijom (Tylecote 1977,115; Maddin 1988, 171).

Vjerojatno je prva prava bronca nastala topljenjem kositrene i bakrene rude zajedno u peći ili namjernim dodavanjem kositra u već otopljeni bakar (Ottaway i Roberts 2008, 207). Moguć je bio i proces dobivanja bronce na način da su se u peć rude slagale slojevito. Na sloj bakra bi se stavio sloj ugljena, a na njih kositar. Kada bi se kositar otopio već pri temperaturi od 232 Celzijeva stupnja, dio njega bi se spojio s bakrom ispod njega te mu smanjio temperaturu taljenja na 950 stupnjeva. Na kraju bi se bakar i kositar zajedno pomiješali (Tylecote 1976, 15), a željezo je ostajalo u slitini kao nečistoća. Dosadašnje je mišljenje bilo da je bronca bila svjesno stvarana namjernim dodavanjem kositra kao zamjene za arsen, no nova saznanja ukazuju na postojanje rijetkih bakrenih ruda stanita (Cu_2FeSnS_4) koje prirodno sadrže kositar čijim je topljenjem mogla nastati prava bronca. Ovakve su rude pronađene na iberskom poluotoku i centralnoj Aziji (Ottaway i Roberts 2008, 208). Također, jedna od pretpostavki koju iznosi van der Heige o nastanku bronce je da bi kositar "slučajno" završio u leguri bronce tako što su kamenja s kositrom bila korištena u izradi stijenki peći te su se topila i ulazila u smjesu pa je finalni produkt bio slučajni pronalazak bronce i svojstava koje nudi kositar (van der Heige 1991, 127).

Nakon što bi se dobila željena legura, ona bi se talila u posebnim posudama za taljenje kakve su nađene i na hrvatskim lokalitetima (Durman 2006, 80). S pomoću tih posuda užarene smjese su lijevane u glinene kalupe u kojima bi poprimale svoj konačni oblik (Forbes 1964, 126).

Za kvalitetnu bronzu potreban je pravi omjer bakra i kositra. Prve prave bronce su bile s niskim omjerom kositra od 1 % do 3 %, a postupno se povećavaju na 8 % i 11 % što sam metal čini kvalitetnijim, tvrdim i sposobnijim da podnese dodatnu obradu i kovanje

⁶ Npr. mineral silicija i željeza fajalit Fe_2SiO_4

(Papadimitrou 2004, 283). Pretpostavlja se da je ovaj niski omjer kositra rezultat male količine dostupnog kositra koje su prapovijesne populacije mogle nabaviti. Suprotno tome, poznate su i bronce s postotkom kositra višim od 20 %, no takve su uglavnom nađene na prostoru Bliskog istoka (Tylecote 1976, 22). Bronca za razliku od čistog bakra ili arsenske bronce posjeduje i bolju ljevkost te je sposobna bolje ispuniti šupljinu kalupa prilikom lijevanja (van der Heige 1991, 127).

Posljednja etapa u procesu stvaranja brončanog predmeta je bilo kovanje i toplinski tretman gotovog izlivenog predmeta (Forbes 1964, 135). Katkad je bronca bila korištena i u svom izlivenom obliku, ali postoji mogućnost da je naknadno obrađena dodatnom hladnom ili toplinskom obradom, žarenjem i kovanjem (Ottaway i Roberts 2008, 210).

7. ORUĐA ZANATA

7.1. Alat i radionica

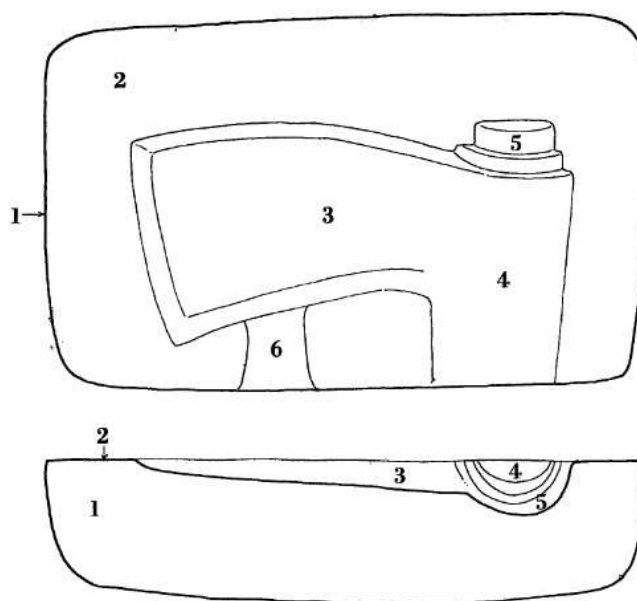
Alat koji je pronađen na hrvatskom prostoru uglavnom dolazi iz vučedolske kulture, ali ima i onih iz badenske, kostolačke i vinkovačke te se na temelju njih može složiti slika o radionici majstora ljevača (Durman 1983, 24; Forbes 1964, 129).

Oruđe kojim se koristio metalurg i ljevač su redom: glineni kalup – jednodijelni i dvodijelni, čekići za kovanje, puhaljke, mjevovi i sopljevi te posude za lijevanje. Za miješanje slitine tijekom topljenja u talioničkoj posudi korišteni su i pougljenjeni drveni štapovi.

S pomoću glinenih kalupa stvarani su razni predmeti od metala koji su korišteni kao oruđe i oružje. Glineni kalupi su bili izrađeni od iste gline kao i keramika toga doba uz dodatak sitnih kvarcitnih zrnaca koja su omogućavala kalupima da izdrže velike temperature i stresove koji se javljaju na materijalu pri lijevanju metalnih predmeta (Durman 1983, 24). Osim toplinske izdržljivosti, kvarcit je djelovao kao armatura samog kalupa. Kod dvodijelnih kalupa predmet je prototipom bio utisnut u obje strane kalupa do polovice svoje debljine, kalupi su se spajali zajedno diobenim površinama koje su bile premazane tekućom smjesom koja je sprječavala lijepljenje dvaju neosušenih kalupa pritisnutih jedan uz drugi. Ovakve nedovršene kalupe vjerojatno je zajedno držao drveni okvir (Durman 1983, 29). Nakon što bi se okvir odstranio, kalupi razdvojili i metalni predmet izvadio iz kalupa, kalupi su se mogli staviti na sušenje. Sušenje je samo po sebi bio zanimljiv i zahtjevan proces koji je zahtijevao visoku razinu iskustva i stručnosti. Sušenje na zraku je moglo potrajati oko 20 dana, pri čemu se kalup sušio bez strujanja okolnog zraka. Ako bi se proces ubrzavao nikako se nije smjelo svježim kalup staviti blizu otvorenog vatrišta i topline jer bi dolazilo do mikro napuknuća po tijelu kalupa. Te bi deformacije došle do izražaja pri pečenju predmeta te bi uslijed stresa visoke temperature kalup pucao pa je izrada predmeta propadala. Pravilnim se sušenjem osiguravala dobra podloga za daljnji proces. Osušeni kalupi su prolazili obradu sljubnica ili diobenih površina prije pečenja koje su se dodatno brusile čime se osiguravao izvrstan spoj dviju površina. Nakon toga su kalupi stavljeni na otvorene peći te su pečenjem poprimali svoj finalni oblik. Cijeli ovaj proces često je neslavno završavao jer bi se tijekom procesa uočavale greške na kalupu i velik ih broj nikad nije korišten pri lijevanju (Durman 1983, 30).

Pri izradi kalupa za neki predmet vjerojatno se ciljano proizvodio veći broj kalupa te su se na kraju birali samo najbolji kalupi bez vidljivih napuklina, oštećenja ili ostalih nedostataka u koje se zatim lijevao tekući metal (Durman 1983, 31).

No valja napomenuti da su ovakvi kalupi pretežno upotrebljavani u srednjem i kasnom eneolitiku, dok su kalupi iz kraja eneolitika i ranoga brončanog perioda kvalitetniji. Prvenstveno se misli na kalupe kakvi su nađeni na lokalitetima vučedolske kulture koji pripadaju kasnoj fazi kada dolazi do izraženih regionalnih tipova. Na lokalitetima Ljubljansko Barje u Sloveniji i Makó u Mađarskoj javljaju se tanki kalupi (Durman 1983, 33) koji zbog tanje stijenke imaju kraći i kvalitetniji proces sušenja te bolje podnose naprezanja pa je i šansa za pucanje kalupa manja, a dodatna pogodnost ovakvih kalupa je što su mogli biti iskorišteni više puta. Ujedno se ovakav tip kalupa pronalazi i među inventarom vinkovačke kulture, a ima ih i na istočnoalpskom prostoru, što vjerojatno upućuje na širenje ideje o tanjim kalupima i njihovo postupno masovno korištenje u periodu ranoga brončanog doba (slika 5) (Durman 1983, 33).



1. Jezgrenik — predstavlja sve ono što čini jednu polovinu dvodijelnog kalupa;
2. Sljubnica ili diobena površina je dodirna površina dvaju jezgrenika;
3. Kalupna ili uljevna šupljina — oblikuje vanjski volumen predmeta, u konkretnom slučaju vanjske dimenzije sjekire;
4. Jezgra — oblikuje unutarnju šupljinu predmeta, u našem slučaju šupljinu otvora cilindričnog produžetka za nasad drške;
5. Jezgrena oslonac ili jezgrena marka — utor koji drži jezgru vezanu uz jezgrenik;
6. Uljevni sistem — uljevni kanal kojim se litina ulijeva u kalupnu ili uljevnu šupljinu ljevačkog kalupa.

Slika 5. Dijelovi dvodijelnog kalupa
Izvor: Durman 1983.

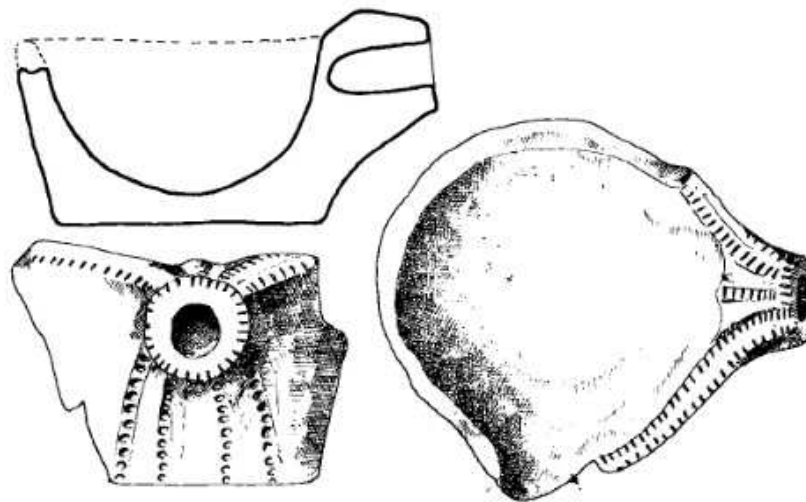
Metal se u kalup lijevao kroz uljevni sistem. Unutarnju šupljinu predmeta je oblikovala jezgra, a zadaća jezgrenog oslonca je da jezgru drži sljubljenu uz jezgrenik (Durman 1983, 24). Dvodijelni kalupi za sjekire su mogli imati posebni uljevni sistem, ali su isto mogli biti bez njega pa se ulijevanje vršilo kroz prstenasti otvor koji se nalazio s donje strane cilindričnog produžetka za nasad drška (Durman 1983, 27). Unutarnji dio kalupa i prostor unutarnje šupljine bio je finije teksture, dok je vanjski plašt kalupa bio grube (Forbes 1964, 134). Naravno, svaki predmet koji se želio napraviti imao je i odgovarajući kalup određene forme i namjene.

Pri samom činu lijevanja vruća se smjesa tekućeg metala ulijeva u kalup te zbog velikih razlika u temperaturi kalupa i lijevane smjese dolazi do naglog sprezanja lijevanog bakra ili bronce. Pritom se metal steže za 1,5 % te smanjuje volumen unutar kalupa. Kalup pritom trpi velike pritiske koji trgaju unutarnju stijenu i dolazi do pucanja, trajnih deformacija i oštećenja strukture stijene pa kalup nakon prvog lijevanja postaje iskorišten i neprikladan za ponovnu upotrebu (Durman 1983, 30). Da je kojim slučajem kalup jači i otporniji od samog metala, došlo bi do obrnutog efekta i predmet koji se lijeva bi puknuo. Iz navedenog se zaključuje da je dvodijelni ili jednodijelni kalup predmet jednokratne upotrebe te se ne može nanovo koristiti. Serijska proizvodnja nekog predmeta je ipak moguća jer prototip predmeta omogućava višestruko otiskivanje istog predmeta u velik broj kalupa pa se tako dobiva velika količina istih predmeta (Durman 1983, 31).

Metalom dobivenim taljenjem iz rude se trebalo na neki način manipulirati pri obradi, daljnjem taljenju i miješanju s dodatcima. Kroz prapovijest su zasigurno bile korištene razne hvataljke i štapovi za tu ulogu. Prije svega se misli na drvene štapove koji su namjerno pougljenjeni. Razlog korištenja ovakvih štapova je taj što drvo ili ugljen loše provodi toplinu te pri dodiru s vrućim ili tekućim metalom ne oduzima veliku količinu topline samom metalu. Kada se koristi metalni štap on preuzme veliku količinu topline na sebe i ohladi bakar ili slitinu toliko da smjesa postaje neprikladna za daljnje lijevanje. Pougljenjeni su štapovi dobivani na način da se obični drveni štap stavljao na žar te je pokrivan pepelom ili koštanom prašinom koji su djelovali kao svojevrsni keramički omotač i štitili štap od izgaranja (Forbes 1964, 112). Sve je to zatrpavano zemljom i ostavljano da se odvija proces suhe destilacije kroz 24 sata. Na kraju se dobiva štap ili bilo kakav drugi manipulativni alat koji se može koristiti u metalurgiji. Takav štap pri miješanju smjese u posudi za taljenje ujedno troši kisik

iz lonca jer se polaganim gorenjem oslobađa CO₂ i CO koji ne dozvoljavaju oksidaciju smjese (Forbes 1964, 112).

Metal se talio u posudama koje su bile posebno napravljene za tu namjenu. Primjer jedne takve posude (slika 6) dolazi s lokaliteta Ljubljansko Barje, ali je vrlo vjerojatno da su se ovakve ili slične posude koristile i na hrvatskim lokalitetima.



Slika 6. Posude za taljenje iz Ljubljanskog Barja
Izvor: Durman 1983.

Radi se o zdjelicama oblika polukugle s ravnim vanjskim dnom koje omogućava samostalno stajanje. Stijenke su bile čvrste i katkad dodatno pojačane vanjskim trakama keramike koje su pridonosile čvrstoći zdjelice. Dršci ovakvih zdjelica su vjerojatno bili razni štapovi koji su se mogli umetnuti u istureni cjevasti nastavak. Kako bi se olakšalo lijevanje i ciljanje, posude za lijevanje su imale kljunasti izljev koji je stajao pod kutom od 90° u odnosu na os drška (Durman 1983, 37). Zapremnina ovakvih zdjelica je bila oko 600 cm³, što je omogućavalo da se u jednom topljenju otopi blizu 5,4 kg bakra.

7.2. Peći

Najvažniji i nezamjenjivi dio metalurške radionice je metalurška peć ili ognjište.

Po definiciji peć je izum u kojem se metalurški procesi i radnje odvijaju pod utjecajem topline koja se dobiva izgaranjem nekakvog goriva (Forbes 1964, 118). Veličina i namjena pojedine peći ovisi o temperaturi koju se može postići unutar same peći.

Sama peć se sastoji od dva primarna dijela: ložište gdje izgara gorivo i ognjišta u kojem se odvija topljenje ili taljenje. Kod primitivnih peći iz ranih metalurških razdoblja ova dva dijela su zapravo jedan (Forbes 1964, 112). Metalurške bi se peći dalo podijeliti na tri vrste:

1. one kod kojih se gorivo i topiva/taljiva smjesa nalaze u direktnom kontaktu
2. one kod kojih se rudača zagrijava produktima gorenja
3. one kod kojih gorivo i produkti gorenja ne dolaze u kontakt s rudom ili metalom

Kada govorimo o pećima prve skupine prvenstveno se misli na oblike peći koje bismo mogli nazvati kupolastim⁷, pećima s oknom⁸ i otvorena ognjišta. Glavni element pri razlikovanju ova dva tipa peći je taj što je kod peći s oknom visina okna višestruko veća nego promjer same peći, dok kod kupolastih to nije slučaj (Forbes 1964, 118). Osovinske peći ne stvaraju visoke temperature i bile su korištene za prženje ruda te pogodne za kontinuiranu upotrebu. Kupolaste peći imaju visinu kupole koja je jednaka ili manja samom promjeru peći te se u njima mogu odvijati redukcijski procesi. Mogu imati i sustav dovoda zraka s pomoću puhaljki ili mjeheva, a mogu biti i bez tog sustava (Forbes 1964, 120).

Otvorena ognjišta su vjerojatno upotrebljavana pri prvim eksperimentiranjima s metalima, a kasnije su igrala bitnu ulogu kada se počinju koristiti nove vrste ruda koje su sadržavale željezo.

Peći druge i treće skupine su *reverberatory furnace* kod kojih se gorivom zagrijavaju stijenke peći, a gorivo i objekt grijanja nisu u kontaktu, i visoka peć kakva se i danas koristi. Ova dva tipa peći nisu bila u upotrebi u prapovijesti nego su proizvod tehnološkog napretka srednjeg vijeka i modernog doba (Forbes 1964, 120). Valja primijetiti da su mnoge peći koje su pronađene tijekom bakrenog doba bile korištene samo jedanput ili dvaput. Razlog tome leži u njihovim konstrukcijama koje nisu bile dovoljno čvrste da izdrže produljenu upotrebu te se za svako novo topljenje radila nova peć. Kasnije se početkom brončanog doba počinju

⁷ eng. hearth – furnace

⁸ eng. shaft – furnace

graditi peći boljih konstrukcija koje su mogle biti korištene duži period (Forbes 1964, 121). Naravno, treba uzeti u obzir i dostupnost rude na pojedinom području i periodu te s tog stajališta gledati prvotne peći. Ujedno ne postoji strogi tip metalurških peći koji je bio korišten tijekom neke kulture, perioda ili na nekom prostoru, nego se javljaju razne izvedenice osnovnih ideja koje su majstori ljevači prilagođavali svojim potrebama, uvjetima, znanju i resursima (Forbes 1964, 121).

Budući da je već konstatirano da je balkanska metalurška tradicija nastala na temeljima pirotehnologije koja je bila potrebna za izradu bojane keramike (Sherratt 1993, 11; Forbes 1964, 127), lako je razumjeti zašto su prve peći za topljenje bakrene rude bile zatvorene i kružnog oblika sa zaobljenim dnom. Ako se uvaži i činjenica da su prve korištene rude bakra bile oksidne, dolazi se do zaključka da se kompletan proces topljenja i kasnijeg lijevanja bakra mogao odraditi u jednoj peći ili, po mogućnosti, samo topljenje i lijevanje već izvučenog bakra na sekundarnom manjem otvorenom ognjištu. Tehnološka baza za izradu peći zatvorenog kalotnog tipa već je postojala te je služila u metalurškim pothvatima. No pojavom sulfidnih, a kasnije i halkopiritnih ruda na metalurškoj sceni, mijenja se oblik i funkcija peći te se pojavljuju otvorena ognjišta koja polako preuzimaju primat u radioničkom inventaru starih metalurga. Razlog otvaranja peći djelomično leži u samoj rudi. Sulfidne rude osim bakra sadrže sumpor, arsen, antimon, bizmut i olovo u raznim omjerima. Iako je i antimon u plinovitom spoju opasan, od svih elemenata za čovjeka je najopasniji upravo arsen koji se pri gorenju u metalurškoj peći spaja s vodikom iz zraka i stvara otrovni plin arsin (AsH_3) koji je bio poguban za čovjeka (Durman 2006, 34).

Usljed česte izloženosti ovom plinu ljevač je mogao umrijeti ili ostati trajno šepav te je s vremenom šepavost postala trajnom osobinom ljevača u ovom periodu (Durman 2006, 35). Najjednostavniji način rješavanja problema nakupljanja arsina u peći je bio da se peć otvori čime je nastalo otvoreno ognjište. Sama konstrukcija otvorenih ognjišta temelji se na ideji da je ognjište ukopano u tlo 20 – 30 cm i ožbukano lončarskom glinom koja bi zbog izloženosti visokim temperaturama pocrvenila (Durman 1983, 33). Promjer ognjišta ovisi o nizu faktora, može biti manjih ili većih dimenzija, ali uvijek bude oko 1 metra (Durman 1983, 33). Peći su mogle imati ravno ili udubljeno dno te se smatra da je dno određivalo funkciju peći: ravno za taljenje bakra ili drugog metala u posudama, a udubljeno za izvlačenje metala iz rude pri čemu bi na kraju ostajao čisti bakar u obliku kalote na dnu (Durman 1983, 58).

Kako bi se osigurala potrebna temperatura u metalurškim pećima koristio se drveni ugljen kao gorivo, ali se moglo koristiti i sirovo drvo iako su temperature bile niže. Upravo je ugljen zaslužan za napredak u metalurgiji jer je svojim izgaranjem stvarao dovoljno visoke temperature pri kojima se ruda topila i metal talio (Forbes 1964, 102). U prilog ovim pretpostavkama ide i primjer iz Egipta za vrijeme ranog dinastičkog perioda kada su velike količine šuma bile srušene da bi se dobio ugljen procesom suhe destilacije (Forbes 1964, 104).

7.3. Puhaljke ili mjehovi?

Pojavu otvorenih peći u ranome brončanom dobu u metalurgiji bakra i bronce u kasnom eneolitiku i ranom brončanom dobu prati i pojava puhaljki, a kasnije i mjehova (Forbes 1964, 112). Ubrzo postaju nezamjenjivi dio radionice onodobnih metalurga. Ideja kojom su se vodili majstori ljevači je bila sljedeća: korištenjem otvorenih ognjišta zbog upotrebe halkopiritnih ruda nije se mogla osigurati dovoljna količina topline običnim procesom. Dodatkom mlaza zraka – kisika direktno u ognjište pospješivalo se izgaranje ugljena te se ostvarivala veća temperatura topljenja, a samim time i bolji uvjeti za izvlačenje bakra iz rude i odvajanje nečistoća (Durman 1983, 58).

Najjednostavniji način dodavanja kisika u jednadžbu bilo je korištenje šupljih štapova koji su bili spojeni na keramičke tuljce. Svrha tih tuljaca, ili kako su još nazivani – sopljevi, bila je da stoje direktno u vatri i sprječavaju moguće gorenje šupljeg štapa. Kroz štapove se ustima upuhivao zrak koji je donosio kisik u vatru i pospješivao gorenje. No, ovaj je posao bio jako zamoran i zahtjevan te je bilo potrebno više ljudi koji su se možda i rotirali. Mjehovi, tj. posebno šivane životinjske kože koje su s jedne strane bile spojene na puhaljke, radili su na istom principu (Forbes 1964, 112). Mjehovi su bili spojeni na drvene drške i poluge te su se njihovim podizanjem mjehovi punili zrakom. Stiskanjem mijeha zrak je tjeran kroz puhaljku u vatrište. Ovaj je način bio mnogo jednostavniji i efikasniji pa je jedan radnik mogao zamijeniti nekoliko puhača čime se oslobodio dio radne snage za druge zadatke (Durman 1983, 36). Mijeh je imao posebni "jednosmjerni ventil" koji je služio da se zrak pri ispuhivanju tjera samo kroz cijev i izlazi pri nastavku tuljca, a pri usisavanju zraka da spriječi povlačenje vrućih plinova iz ognjišta te da usisava čisti zrak sa strane ognjišta (Forbes 1964, 113). No, jedini indikatori ovakvih djelatnosti u arheološkim kontekstima je nalaz sopljeva jer su oni jedini dijelovi obaju sistema koji su bili načinjeni od keramike, dok su drugi bili od organskih materijala – drva i kože. Pretpostavlja se da je sistem puhaljke nastao prije mijeha i da se koristio od početka srednjeg eneolitika u sklopu otvorenih ognjišta, dok se mijeh kao tehnička inovacija javlja kasnije, možda tek u ranome brončanom dobu, premda je to teško arheološki potvrditi. U rješavanju ove nedoumice pomažu i egipatski prikazi iz 12. i 18. dinastije. Prikaz iz vremena 12. dinastije prikazuje grupu puhača koji raspiruju vatru na ognjištu na kojem se topio bakar. Prikaz iz 18. dinastije je mlađi i datira se u period vladavine faraona Tutmozisa III. (1504 – 1450. pr. n.e.), a prikazuje dvojicu radnika koji gaze po mjehovima te tako raspiruju oganj. Evidentno je došlo do tehničke inovacije između ta dva

perioda u Egiptu (Durman 1983, 36) te da je prihvaćena tehnologija koja je efikasnija. Vrlo je vjerojatno sličan razvoj tekao i na Balkanskom poluotoku tijekom brončanog doba.

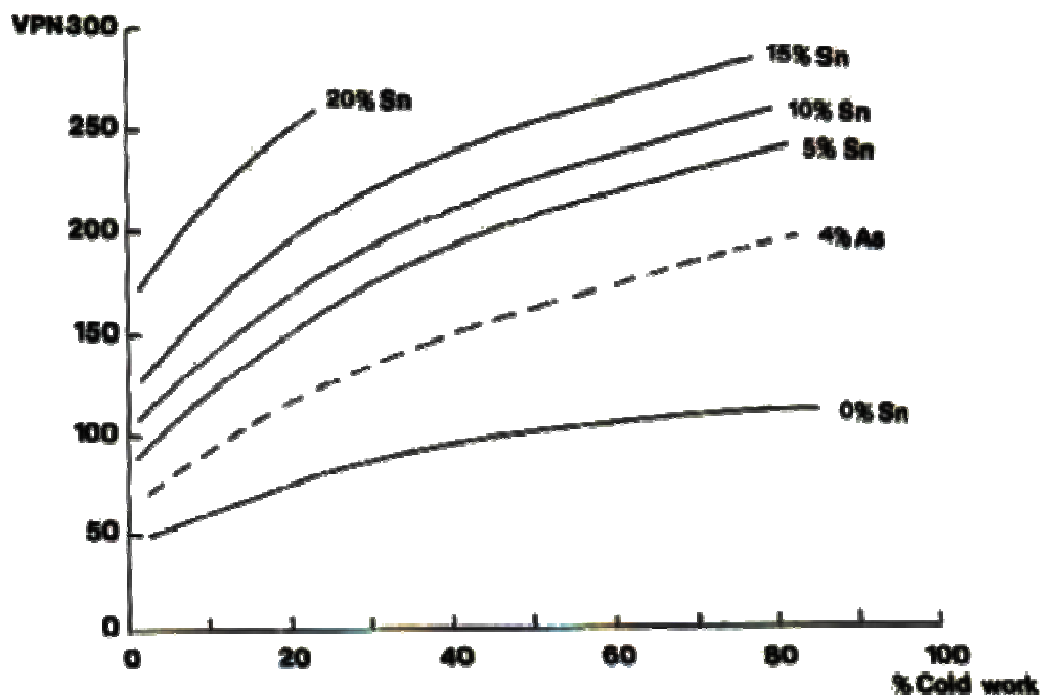
7.4. Čekići i kovanje

Čekići su kao alat nezamjenjivi u metalurgiji i majstoru kovaču. Koriste se u posljednjoj fazi obrade metalnog predmeta koja se zove kovanje. Drevni kovači i metalurzi u ranome brončanom dobu nisu imali nakovnje i čekiće od željeza i čelika kao mi danas, nego su u tu svrhu vjerojatno koristili tvrdo glatko kamenje koje su mogli koristiti kao nakovanj i čekić (Forbes 1964, 129). No valja naglasiti da nisu sve industrije brončanog doba koristile kamene čekiće i nakovnje, što pokazuje primjer nalaza brončanodobne radionice kod Inshoch Wood kraj Invernessa koja je osim kamenih čekića u svom inventaru imala nakovanj s 30 % kositra (Forbes 1964, 131). Nalazište Troja I također ima nalaze kamenih čekića koji su korišteni u sklopu radionice. Takvi su čekići držani u ruci i nisu imali držak (Forbes 1964, 132). No isto tako su mogli imati držak jer je tehnologija proizvodnje kamenih sjekira – čekića s rupom za nasad drška odavno bila poznata te se mogao napraviti samo čekić.

Nakon lijevanja u kalup struktura legure počinje se krutiti i poprimati oblik kalupa. To dovodi do stvaranja karakterističnih izduženih mikrostruktura kristala čije se glavne osi formiranja pružaju paralelno sa smjerom nestanka topline tijekom hlađenja, a okomito u odnosu na stijenke kalupa te se takve formacije nazivaju teksturama solidifikacije (Papadimitrou 2004, 273). Ohlađeni bi predmet tada prolazio kroz fazu hladnog kovanja pri čemu se čekićem osnažuje sam metal koji gubi svojstva promjene oblika te postaje tvrdi (Papadimitrou 2004, 273). Tijekom ovog procesa sva zrnca unutar metala postaju izdužena i posložena u istom smjeru, što finalni proizvod čini mnogo kvalitetnijim i otpornijim na habanje i stres (Papadimitrou 2004, 273; Pare 2000, 18). Sve legure bakra imaju osobinu da su mekane i da im je potrebno kovanje nakon lijevanja kojim se mnogostruko povećava njihova tvrdoća, no ona je sama ovisna o postotku arsena u leguri i ne mora nužno značiti da se većim udjelom arsena postiže veća tvrdoća (Northover 1989, 113). Osim što je arsenski bakar tvrdi od čistog bakra, to dodatno dolazi do izražaja kada se usporedi kovani bakar i kovani arsenski bakar po Vickersovoj skali čvrstoće gdje njihove vrijednosti od 100 – 120 za bakar i 150 – 160 za arsenski bakar dolaze do punog izražaja (Papadimitrou 2004, 288). Na prostor Karpatske kotline prva kultura koja donosi razvoj arsenske bronce je badenska kultura, dok se pravi procvat arsenske bronce događa za vrijeme vučedolske kulture (Durman 1992, 3).

Kod hladnog kovanja metali kao što su bakar ili bronca se udaraju na nakovnju čekićem dok je metal hladan (slika 7) (van der Heige 1991, 128).

Cilj ove radnje je da se postigne što veća tvrdoća metala i da se otklone mikrostrukturne nepravilnosti i nečistoća. Pri ovoj radnji dolazi do velikih stresova na metalu te on mijenja oblik pa se ovim načinom, primjerice, može postići čvrst radni rub nekog alata ili oružja (Ottaway i Roberts 2008, 210). Kovati se moglo do trenutka kada metal postaje krt te gubi svoju elastičnu sposobnost. Da bi se ova pojava poništila i osigurala još bolja kvaliteta metala, hladno kovani predmet mogao se ponovno žariti na temperaturama do 400 stupnjeva Celzijevih. Žarenjem se kristalna struktura unutar metala oporavlja i raspoređuje na takav način da predmetu daje novu još veću čvrstoću i kvalitetu bez mogućnosti da metal postane krt i neupotrebljiv (Ottaway i Roberts 2008, 210).



Slika 7. Odnos tvrdoće po Vickersovoj skali tvrdoće u odnosu na razinu hladnog kovanja i kositra u slitini
Izvor: Northover 1989.

Tijekom hladnog kovanja primjenom sile metal se deformira i gubi svoju elastičnost te postaje tvrdi i čvršći. Ova se pojava pri hladnom kovanju naziva očvršćivanje naprezanjem (Papadimitrou 2004, 273). Razina hladnog kovanja može se izraziti postotkom smanjenja inicijalne debljine metala koji je obrađivan (Papadimitrou 2004, 283). Mikroskopske promjene na teksturama solidifikacije očituju se u ravnomjernoj i istosmjernoj elongaciji

kristalne rešetke po cijeloj strukturi metala te se ovakva nova struktura kristalne rešetke naziva deformacijska struktura. Udaranjem se u strukturi rešetke javljaju dislokacije, to jest defekti u strukturi i kada dosegnu kritičnu razinu metal postaje krt i nije ga više moguće obrađivati udaranjem, a moguć je i nastanak pukotina u strukturi, odnosno pucanje metala (Papadimitrou 2004, 274). Da bi se izbjeglo pucanje, metal se žari na temperaturi, u slučaju bronce od 200 do 400 stupnjeva Celzijevih, te ponovno postaje pogodan za obradu kovanjem. Tijekom ovog postupka kristalna rešetka se regenerira i dobiva ravnomjernu neizduženu strukturu. Ovaj se proces naziva rekristalizacijskim žarenjem i nakon njega je metal ponovno pogodan za obradu, ali je i višestruko tvrdi i čvršći te nestaju svi defekti unutar strukture koji mogu dovesti do pucanja (Papadimitrou 2004, 275).

Pri žarenju na višim temperaturama (600 – 700 stupnjeva Celzijevih) moguće je povratiti originalnu dendritičku⁹ strukturu metala kakva je bila nakon inicijalnog lijevanja u kalup (Papadimitrou 2004, 275). No ujedno treba pripaziti s procesima toplog i hladnog kovanja jer ako se pretjera sa žarenjem, metal postaje previše mekan i neupotrebljiv (Papadimitrou 2004, 275).

Proučavanjem mikrostrukture metala metalografskom analizom moguće je utvrditi je li predmet od bronce bio izliven, kovan ili žaren tijekom izrade te je moguće proniknuti u način na koji je pojedina zajednica ili kultura proizvodila metalne predmete (Ottaway i Roberts 2008, 210). Veličinu i oblik kristalnih zrna nastalih za vrijeme različitih faza, njihovu raspodjelu i orijentaciju opisuje mikrostruktura legure. Mikrostrukture legura istog sastava mogu imati vrlo različita svojstva. Postupci kojima se dobiva legura lijevanje, toplinske obrade i oblikovanje ujedno određuju mikrostrukturu legure. Svjetlosnim ili elektronskim mikroskopom moguće je odrediti mikrostrukturu nekog metala, dok je makrostruktura vidljiva već golim okom ili malim povećanjem. Podatci koji se mogu dobiti metalografskom analizom su: sastav materijala, vrsta obrade i njezina svojstva, veličina kristalne rešetke i zrna, kemijska homogenost, prisutne faze i njihova raspodjela, deformacije koje su uslijedile tijekom i nakon plastične deformacije materijala te prikaz pukotina, osi njihovih nastajanja i način na koji se lome. Nakon završenog predmeta od bronce, finalna radnja koja se primjenjivala bilo je glačanje i brušenje te poliranje površina predmeta zavisno o potrebi. U slučaju predmeta nakitnog karaktera visok sjaj se mogao postići poliranjem te se predmetu mogao povećati faktor privlačnosti. Glačanje i brušenje radilo se pomoću finog abrazivnog

⁹ oblika jelke

pijeska i vode, a mogli su biti korišteni i fini brusni kameni te tekstili (Ottaway i Roberts 2008, 212). Predmeti u funkciji oružja ili oruđa bili su oštreni po potrebi brusnim kamenjem i kožnim stropom. Predmeti pronađeni u Hrvatskoj za sada nisu pokazali znakove obrade kovanjem, što ne znači da se predmeti od bronce nisu mogli kovati, ali se ujedno mora i razmotriti karakter samih nalaza, to jest njihova namjena kao grobni prilog, ingot – poluproizvod u ostavi ili nalaz utilitarnog predmeta koji je lijevan ili kovan i korišten za neku svrhu.

8. RUDARENJE I RUDE

8.1. Rudarenje

Rudarenje bismo mogli nazvat sestrinskom djelatnoću metalurgije bez koje potonja ne može kvalitetno egzistirati. Rudarenjem se čovjek prvi put počeo baviti kad je u kamenom dobu spoznao odlike i kvalitete različitih vrsta kamenja koje je koristio za izradu alata. Među kamenjem se isticala jedna vrsta kamena koja je bila posebna i drukčija od drugih – kremen. Tražeći kremen kao osnovnu sirovinu od koje je proizvodio svoje alate, čovjek je postao rudar (Jovanović 1979, 28). Uskoro su se počeli pokretati sve veći pothvati i zahvati traženja kremenja čija se rasprostranjenost katkad mogla primijetiti i po nekoliko stotina kilometara od njegovog ležišta. Početno traženja kremenja po površini ubrzo je zamijenjeno aktivnim kopanjem i traženjem kremenih žila u dubini zemlje ili padini brda. Iz ovakvih skromnih početaka čovjek je naučio pretraživati površinu zemlje za sirovinama koje su mu život značile. Iz ovakvih temelja razvila se i prapovijesna rudarska djelatnost kojoj je glavni cilj bio pronalazak rudnih ležišta (Jovanović 1982, 61). Pod pojmom rudarstvo i rudarenje podrazumijeva se iskopavanje i izvlačenje vrijednih minerala i geoloških materijala iz određene žile ili ležišta. Pod pojmom minerala smatra se svaka neorganska tvar koja se javlja u prirodi i koja ima određen kemijski sastav, prepoznatljiva fizikalna svojstva i molekularne strukture. Pod pojmom rude smatra se svaki mineral ili skup minerala koji imaju metal u sebi te se mogu iskopati i koristiti.

No treba uzeti u obzir činjenicu da, iako je rudarstvo metala nastalo na osnovama kremenog rudarstva, postoji jedna glavna razlika između te dvije pojave. Rudarstvo kremenja je nakon završenog procesa kopanja u upotrebu plasiralo već gotov proizvod – kremen koji se mogao koristiti na određene načine, dok je kod rudarenja metala primarni proizvod ruda koja sama po sebi nije korisna, ali uz pomoć daljnje obrade iz nje se mogu dobiti metali i na kraju iz njih predmeti (Jovanović 1982, 61).

Dolaskom metalnih doba osnovna tehnika rudarenja nastala u paleolitikumu i mezolitikumu nije se mijenjala. Način rudarenja u kremenim i prvim rudnicima metala bio je jednak; kopanje vertikalnih okana u dubinu zemlje u nastojanju da se dođe u kontakt s mineralnom žilom. Nakon uspješnog lociranja žile slijedilo bi njezino otkopavanje s pomoću dodatnih

otkopa horizontalnih rovova koji se nazivaju galerijama. Galerije i njihovo stvaranje samo su posljedica praćenja rudnih žila koje se granaju kroz pukotine i rascjepu u stijeni gdje su najveće količine neke rude ili minerala (Pravidur 2014, 24). Tijekom kamenog doba, sirovine koje su postale važne u metalnom dobu, bile su poznate, ali im je značenje bilo simbolično, a ne konkretno metalurško. Tako su se, primjerice, rude hematita (željezna ruda), malahita (bakar) i cinabarita (živin sulfid) mogle koristiti kao pigmenti, dok su se razni minerali kao što je opal koristili kao ukras i nakit (Pravidur 2014, 24). U prilog ovome govore nalazi bakrenih perlica i grumenja nađeni na Bliskom istoku na lokalitetima Ali Kosh i Çayönü Tepesi tijekom 7. tisućljeća prije nove ere (Tylecote 1976, 2). Dakle, na osnovnoj podlozi paleolitičkog rudarenja, pod povoljnim prirodnim uvjetima¹⁰, dolazi do aplikacije znanja i početka eksploatiranja prvih metalnih ruda, u prvom redu bakrene rude, u kasnom neolitiku i ranom eneolitiku (Pravidur 2014, 24). Poznati su i nalazi upotrebe bakra već u 5. tisućljeću pr. n. e. u Egiptu tijekom preddinastičkog perioda (Tylecote 1976, 10). No problem koji se javlja pri pokušaju lociranja prvih metalnih rudnika jest nepostojanje njihovih tragova koji su uništeni zbog stalne eksploatacije rudnih nalazišta tijekom perioda antike, srednjeg vijeka te modernog doba (Pravidur 2014, 20). U tom je smislu teško sa sigurnošću reći je li neki rudnik bio poznat i eksploatiran u prapovijesnom dobu. Pokazatelji koji mogu donekle pomoći u razumijevanju i odgovaranju na pitanje je li pojedino rudno ležište korišteno u prapovijesti su promjene u krajoliku koje nastaju čovjekovim djelovanjem tijekom rudarenja (Pravidur 2014, 21). Prvi metal koji se počinje aktivno rudariti je bakar i njegova pojava te početak široke primjene, pa rudarstvo označuju početak bakrenog doba. No bakar je ujedno i nezamjenjiva sirovina u ranome brončanom dobu jer je jedna od dvije glavne sirovine koje su se koristile pri stvaranju legure bronce. Pored eksploatacije bakra u brončanom dobu, valja obratiti pozornost i na upotrebu popratnih sirovina kao što su arsen, antimon i kositar, koji imaju ključne uloge u razvoju metalurgije i brončanog doba.

¹⁰ prisutnost neke rude i rudnog ležišta

8.2. Bakar – o rudi, nalazištima i osobinama.

Bakar je kemijski element koji se u periodnom sustavu elemenata označava s Cu. Bakar je ujedno i mineral¹¹, što znači da je kemijski homogen (Tučan 1928, 9). Minerali nastaju u dubini zemlje gdje zbog utjecaja visokih temperatura i pritiska kemijski elementi prelaze iz plinovitog i tekućeg u kruto stanje, formirajući tvorevine koje se nazivaju mineralnim naslagama (Tučan 1928, 9), a koje na kraju tvore rudne depozite. Bakar se u prirodi može naći u samorodnom stanju ili u sklopu jednostavnih ili kompleksnih ruda. Glavni razlog zašto bakra ima u malim količinama u prirodi kao samorodne pojave, osim čovjekove eksploatacije, leži u činjenici da je bakar kao element jako reaktivan, što znači da ima visoku sklonost i sposobnost formiranja novih spojeva s različitim kemijskim elementima koji ga okružuju u prirodi (Tučan 1957, 33). U elementarnom samorodnom stanju (slika 8) bakar se nalazi u obliku malih zrnca ili grumenja koji mogu biti veličine 2 milimetra, ali su prijavljeni i neobično veliki komadi bakra koji su imali i više od 400 tona (Tučan 1957, 34). Zbog bakrove velike reaktivnosti, često ga se može naći u kompleksnim rudama koje se, ovisno o drugom spoju koji uz bakar formira rudu, nazivaju oksidnim, karbonatnim i silikatnim rudama te sinjalcima (Ottaway i Roberts 2008, 202).



Slika 8. Samorodni komada bakra
Izvor: Pravidur 2014.

Oksidne rude bakra su *tenorit* i *kuprit* čije su kemijske oznake CuO i CuO₂ te nastaju oksidacijom samorodnog bakra gdje se spaja s kisikom (O) te stvara monoksidne ili dioksidne tvorevine (Ottaway i Roberts 2008, 202).

¹¹Od latinskog *mineralis* – ono što pripada rudniku

Karbonatnim rudama se smatraju *azurit* i *malahit*, kemijskih oznaka $2\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_4$ i $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_4$ (Ottaway i Roberts 2008, 202), koji nastaju bakrovim spajanjem s ugljikom. Malahit je jako rasprostranjena ruda bakra i nastaje trošenjem i raspadanjem drugih bakrenih ruda, to jest oksidacijom halkopirita i kuprita jer su elementi u zemljinoj kori u konstantnom kretanju (Tučan 1957, 261). Azurit se često nalazi uz malahit (slika 9) i njegov je postanak usko vezan uz malahit. Malahit je tamnozeleno, a azurit tamnoplave boje (Ottaway i Roberts 2008, 202).



Slika 9. Samorodni komadi bakra – malahit
Izvor: Pravidur 2014.

Silikatne rude bakra nastaju kada se bakar veže uz silicij.

Sinjavci su rude bakra i arsena, olova i sumpora te imaju varirajuće omjere elemenata u sebi, ali su im fizička svojstva različita (Tučan 1957, 89). Dvije rude sinjevaca su tenantit i tetrahedrit kemijskih oznaka $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ i $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ (Ottaway i Roberts 2008, 202). Tamnih su boja, pretežno crne ili sive te imaju ukupan omjer bakra od 35 – 55 % u odnosu na ukupnu količinu rude (Tučan 1957, 89).

Sulfidi su spojevi koji nastaju kada se kemijski element sumpor spaja s raznim metalima i nemetalima u prirodi te na taj način tvori kompleksne spojeve i rude. Sumporni spojevi bakra, kobalta, arsena, olova, željeza, antimona, srebra i žive čine sulfidnu skupinu rudača (Tučan 1957, 70). Nastaju djelovanjem hidrotermalnih procesa unutar zemljine kore te tvore rudne žile (Tučan 1957, 70). Jedna od najvažnijih sulfidnih ruda bakra je halkopirit (slika 10) u čijem sastavu ima željeza i sumpora (Ottaway i Roberts 2008, 202). Halkopiritova kemijska oznaka je CuFeS_2 , što upućuje na to da osim željeza sadrži i sumpor (Tučan 1957, 261). Udio bakra u ovakvim rudama je negdje oko 30 %, ovisno o nalazištu.

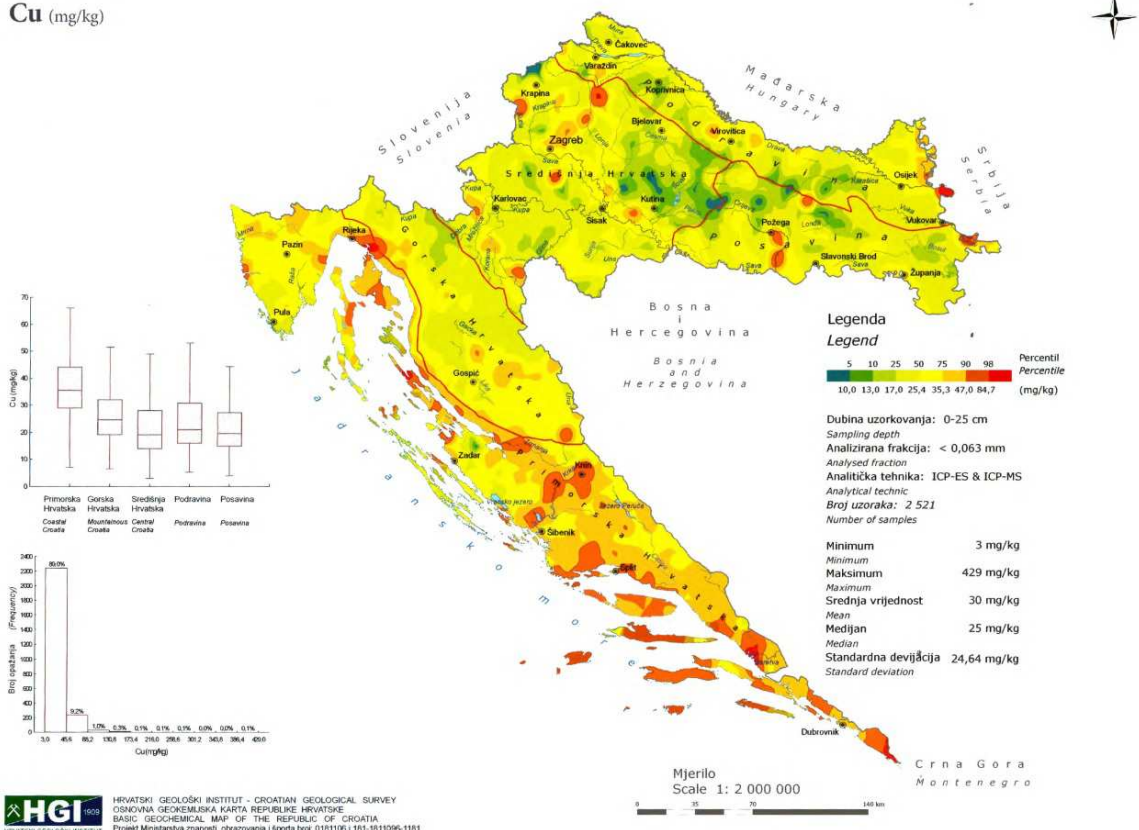
Geneza mu se veže uz davne magmatske procese unutar zemljine kore te ga zbog te činjenice ima mnogo u zemljinoj kori i jedna je od najvažnijih ruda bakra (Tučan 1957, 89).



Slika 10. Halkopiritne rude iz bosanskih nalazišta
Izvor: Pravidur 2014.

Bakar se na prostoru Hrvatske javlja na lokalitetima koji su mogli biti korišteni od strane brončanodobnih populacija na mjestima Trgovske gore, Petrove gore, u Lici kod Pazarišta, na Zagrebačkoj gori i u okolini Samobora (Tučan 1957, 35; 89; 261;). Bakar se kao mineralna pojava javlja i na Medvednici – Bistranjska gora, Mikulić potoku i Baćunu te na otoku Visu kraj mjesta Komiža (slika 11) (Halamić i Miko 2009, 46).

Bakar • Copper
Cu (mg/kg)



Slika 11. Rasprostranjenost bakrenih ležišta u Hrvatskoj
Izvor: Halamić i Miko 2009.

Od okolnih prostora treba naglasiti da bakra ima mnogo na bosanskom prostoru, točnije na području Vareša, Gornjeg Vakufa, Kreševa, Fojnice, Jablanice, Konjica i Srebrenice (Pravidur 2014, 36). Javlja se i na srpskim prostorima, a najpoznatiji su Bor, Majdanpek, Suvobor (Tučan 1957, 35), Rudnik (Durman 1997,12), te na jednom od najvažnijih lokaliteta općenito vezanih za proučavanje prapovijesnog rudarstva, Rudnoj glavi (Jovanović 1982, 2). Rudna glava je kao lokalitet bitna jer pokazuje kako su se stvarala i dubila okna prilikom vađenja bakrene rude u kasnom neolitiku od strane pripadnika vinčanske kulture. Kasnije su tu praksu sigurno nastavili i pripadnici drugih kulturnih pojava na tom prostoru, a sigurno je dolazilo i do trgovačkih kontakata prema egejskom prostoru (Jovanović 1979, 36). Prostori bogati rudama u tolikoj su mjeri utjecali na kulturno-ekonomski razvoj svojih zajednica da ta mjesta i danas nose nazive koji upućuju na rudarstvo i rudnike. Primjeri gdje toponimi upućuju na ove aktivnosti su Rudna glava, Zlatibor, Majdan¹², Srebrenica i Trgovska gora (Pravidur 2014, 27; Tučan 1957). No često ovakve toponime ne treba uzimati kao sigurne pokazatelje prapovijesne aktivnosti jer su ta imena odraz narodne memorije koja je preživjela kroz antičko, srednjovjekovno i novovjekovno vrijeme.

Bakar je osim na balkanskom prostoru otprije poznat i u drugim dijelovima svijeta, pa tako možemo pratiti razvoj rudarenja i korištenja bakra u Europi u španjolskoj pokrajini Galiciji te gradovima Cordobi i Huelvi, gdje su Feničani oko 2000. g. pr. n. e. koristili i izvlačili bakar (Mulhy 1973, 184). Italski prostor također je bogat bakrom čemu svjedoči cijela regija Monte Catini s Colline Metallifere na čijim se bogatim prostorima kasnije javlja etruščanska civilizacija (Mulhy 1973, 186). Egejski prostor se odlikuje nalazima bakra s Cipra po kojem je taj metal i nosio ime u antici – *cupprum* (Mulhy 1973, 188). U Egiptu se bakar koristio od 5. tisućljeća (Tylecote 1976, 10), a antolski rudnik Ergani Maden u dolini Konya svjedoči o upotrebi i rudarstvu bakra tijekom 6. tisućljeća prije nove ere te se pretpostavlja da velik broj bakrenih predmeta nađenih u neolitičkim naseljima doline Konya svoje podrijetlo vuče upravo iz tog rudnika (Mulhy 1973, 200).

¹² riječ za rudnik

8.3. Arsen – o rudi, nalazištima i osobinama

Arsen kao kemijski element spada u grupu nemetala iako ima metalni sjaj kao odliku metala, a oznaka u periodnom sustavu elemenata mu je As (Tučan 1957, 51). Odlika arsena je da je ciklički element, a to znači da je jako reaktivan i često se nalazi u spojevima s drugim elementima te konstantno putuje kroz zemljinu koru vežući se pritom za srebro, željezo, antimon, bizmut i kobalt (Tučan 1957, 52). U bakrenom dobu se javlja kao dio rude sinjavaca tenantita ili tetraedrita (slika 12) te je, kao nusproizvod ondašnjih nastojanja metalurga da odvoje bakar iz rude, stvarao slitinu arsenske bronce, što se pokazalo kao koristan postupak jer je novi metal bio neusporedivo bolje kvalitete i radnih sposobnosti u odnosu na bakar (Ottaway i Roberts 2008, 202; Durman 2006, 30).



Slika 12. Tetraedritne rude sinjavaca iz bosanskih nalazišta
Izvor: Pravidur 2014.

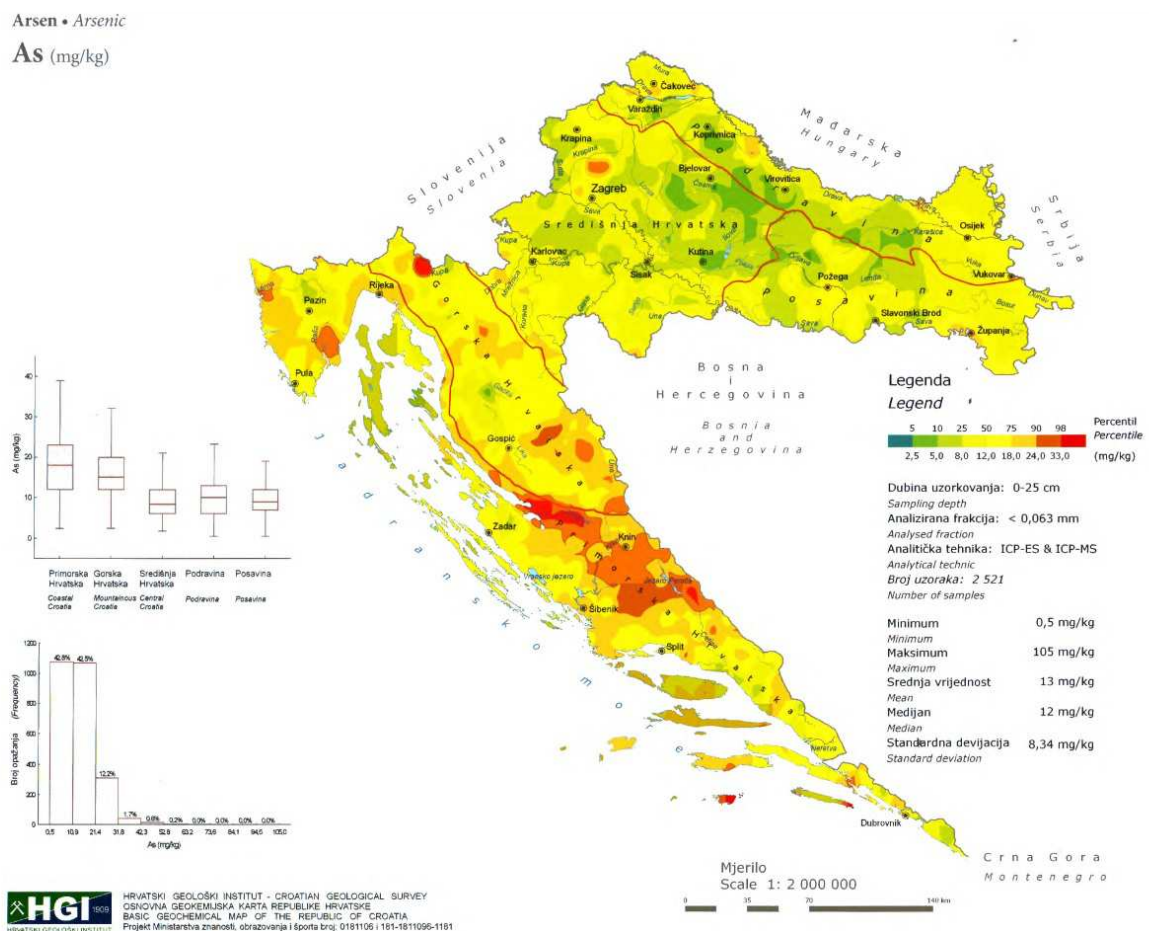


Slika 13. Arsenski auripigment
Izvor: Pravidur 2014.

S tehnološkog aspekta, ovaj se događaj može smatrati početkom brončanog doba. Arsen je po postanku paleozojskog podrijetla, a često se koristio i kao auripigment (slika 13) za dobivanje boja (Pravidur 2014, 37).

Nalazišta čistog arsena nema puno u Hrvatskoj, osim u zadarskom zaleđu te toku rijeke Kupe, dok su ostale pojave arsena u Hrvatskoj (slika 14) posljedica stvaranja rude sinjavaca (Halamić i Miko 2009, 34). Arsen je u blizini Hrvatske poznat u rudištima doline Hrzme, sjeveroistočno od Kreševa brda te je tamo eksploatiran za vrijeme srednjeg vijeka i osmanlijske okupacije, ali ne zna se je li korišten tijekom prapovijesti (Pravidur 2014, 37).

No valja naglasiti da su arsenske rude često i zlatonosne pa je eksploatacija radi zlata bila moguća kroz prapovijest i kasnije rimsko razdoblje (Pravidur 2014, 37). Arsen ima i negativnu stranu za koju su ljevači kasnog eneolitika dobro znali, a to je njegova visoka otrovnost i opasnost kada se uslijed visokih temperatura arsen veže za vodik iz zraka te tako stvara otrovni plin arsin. Pri tom procesu moguće je osjetiti otrov po mirisu češnjaka, što je bio signal ljevačima da se maknu od vatre, pogotovo pri temperaturama od 500 do 600°C. No ipak, da sve ne bi bilo tako crno, arsen se u malim količinama mogao koristiti i kao afrodizijak te je i ta odlika bila poznata prapovijesnim populacijama (Durman 2006, 34).



Slika 14. Rasprostranjenost arsenskih ležišta u Hrvatskoj
Izvor: Halamić i Miko 2009.

8.4. Kositar – o rudi, nalazištima i osobinama

Kositar spada u grupu slabih metala u periodnom sustavu elemenata, a kemijska oznaka mu je Sn. Čisti kositar je srebrno-bijele boje, sjajan, elastičan i mekan metal s niskim talištem i visokim vrelištem. U prirodi ga se najčešće pronalazi u obliku kasiterita i jako rijetko u sklopu sulfidnih ruda, kao što je stanit. Često se nalazi na riječnim sprudovima u šljunku (Ottaway i Roberts 2008, 202) i naziva se naplavnim, dok se onaj iz granitnih stijena naziva gorskim (Tučan 1957, 209). Kasiterit je kositrov dioksid SnO_2 i kao takav najčešće se pronalazi u prirodi gdje nastaje u žilama koje prožimaju granitne stijene (Tučan 1928, 514). Česti su mu pratitelji halkopiriti koji se skupa s njim nalaze u metamorfoznom granitu. Granit je vrsta stijena koja nastaje djelovanjem plinova fluora i broma pri izlivanje vulkanske magme. Kada se magma ohladi i potpuno kristalizira nastaje granitna stijena (Tučan 1928, 516). Osim u žilama koje su vidljive u granitnim stijenama, kasiterit može biti i potpuno impregniran granitom. Crne je boje i njegovi oblutci se često mogu naći među svijetlim šljunkom (slika 15) (Tučan 1957, 209).

Na prostoru Hrvatske kositra nema, ali ga ima u neposrednoj blizini hrvatskog prostora u Bosni i Srbiji. U Bosni se kositar javlja na brdu Motajica, južno od požeške kotline, nadomak hrvatske granice te blizu Srebrenice (Durman 1997, 9). To brdo sadrži granitne stijene koje obližnja rijeka izbacuje i odnosi dalje. U Srbiji se kositar javlja na planini Bukulja, u naplavnim nanosima potoka Cigankulje (slika 16,17,18 i 19) te rijeke Lešnice i Cernice koje raznose materijal s obližnje planine Cer (Durman 1997, 9). Kositra ima i u Makedoniji, istočno od Strumice, u potoku koji donosi naplavni materijal s obližnje planine Ogražden (Tučan 1928, 51).



Slika 15. Mineral kasiterit
Izvor: Wikipedia 2015.



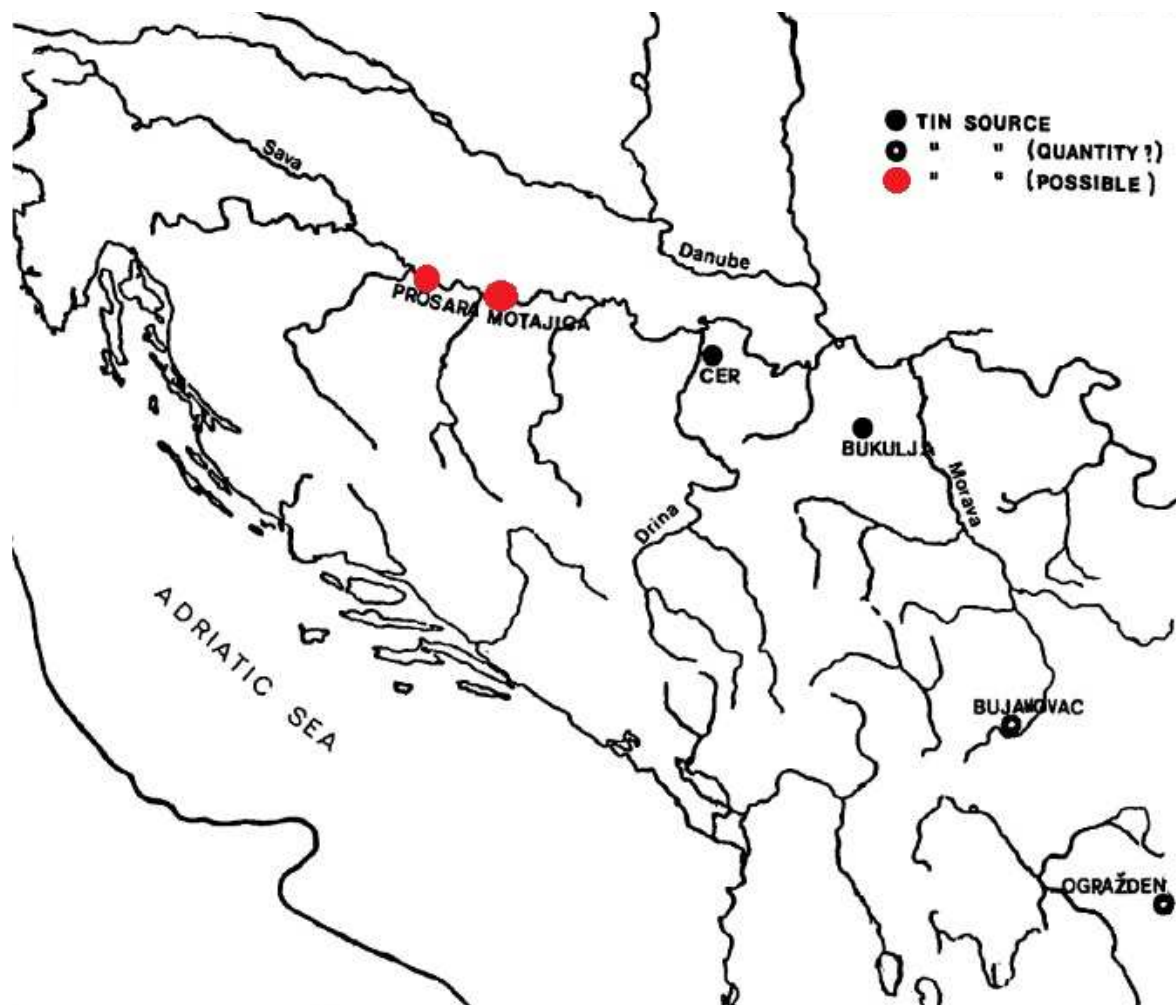
Slika 16. Primjer riječnih oblutaka kasiterita
Izvor: Wikipedia 2015.



Slika 17. Nalazišta kositra i kositrene bronce prije 2000. g. pr. n. e.
Izvor: McGeehan-Liritzis i Taylor 1987.

Kositar se javlja izvan Balkana u Engleskoj u pokrajinama Devon i Cornwall, koji su jedina mjesta na otoku s dovoljno velikim količinama kositrene rude. Radi se o kasiteritu iz granitnih ležišta. Također se javlja i u Irskoj, zapadno od Invernesa (McGeehan-Liritzis i Taylor 1987, 283). U Francuskoj se javlja u gorju American Massif koje se pruža paralelno s atlantskom obalom. U Španjolskoj se kositar javlja u provincijama Muricija, Galicija i Lusitanija o kojima je i Plinije pisao (McGeehan-Liritzis i Taylor 1987, 284). Pojava kositra je dokumentirana i na granici Češke te u njemačkoj pokrajini Saskoj preko koje se proteže planinski lanac Erzgebirge (McGeehan-Liritzis i Taylor 1987, 283; Durman 1997, 8). Italija je često zanemarena kao izvor kositra, ali je činjenica da kositra ima u velikim količina i u

gorju Colline Metallifere u Toskani. Ovaj je predio i danas važan kao rudonosno područje, a pretpostavlja se da je količina kositra u ležištu bila oko milijun tona. Osim u Toskani, kositra ima i u Etruriji, u gorju Tolfa i Amiata (McGeehan-Liritzis i Taylor 1987, 284). Izvan Europe kositar se javlja u anatolijskom prostoru Turske blizu Burse te u regiji Bukhara u Uzbekistanu i Afganistanu, a ova su mjesta mogla poslužiti kao ishodišta sirovina koje su korištene u brončanom dobu Bliskog istoka (McGeehan-Liritzis i Taylor 1987, 285). Egipat također ima dobro dokumentirana nalazišta kositra pretežito smještenih na području Istočne pustinje (McGeehan-Liritzis i Taylor 1987, 283).



Slika 18. Ležišta kositra najbliža Hrvatskoj
Izvor: Durman 1997.

Table 4.2 Formula and colour of some of the most important ores of copper, arsenic, tin, gold, silver and lead

<i>Ore Type</i>	<i>Chemical Formula</i>	<i>Colour</i>
Copper		
Native Copper	Cu	Metallic yellow-golden
Copper Oxides		
Tenorite	CuO	Black
Cuprite	Cu ₂ O	Red
Copper Carbonates		
Azurite	2CuCO ₃ Cu(OH) ₄	Dark blue
Malachite	CuCO ₃ Cu(OH) ₄	Emerald – dark green
Copper Silicate		
Chrysocolla	CuSiO ₃ H ₂ O	Light turquoise blue
Fahlores		
Tennantite	Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃	Black/grey
Tetrahedrite	Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	Black/grey
Copper Sulphides		
Covellite	CuS	Blue
Chalcocite	Cu ₂ S	Grey
Bornite	Cu ₅ FeS ₄	Silver/grey tarnish to peacock colour
Chalcopyrite	CuFeS ₂	Brassy yellow
Arsenic		
Arsenopyrite	FeAsS	Silver/grey/white
Tin		
Cassiterite	SnO ₂	Brown/black/grey
Stannite	Cu ₂ FeSnS ₄	Black/grey
Gold		
Native Gold	Au	Metallic golden-yellow
Lead		
Galena	PbS	Silver/black/lead grey
Cerussite	PbCO ₃	White/yellow brown/grey
Silver		
Native silver	Ag	Metallic silver
Argentite	Ag ₂ S	Lead grey/black
Jarosite	XFe ₃ [(OH) ₆ (SO ₄) ₂]	Yellow/dark brown
	X can be Ag, K, Na, or Pb	

Slika 19. Najčešće rude bakra, kositra, arsena.
Izvor: Ottaway i Roberts 2008.

9. RUDNA GLAVA– OGLEDNI PRIMJER NAČINA RUDARENJA

Eneolitički rudnik Rudna glava nalazi se u Srbiji u zaleđu Gornje klisure Đerdapa, a okružuju ga rijeke Crnajka, Šaška i Porečka. Na Rudnoj glavi se kroz povijest vadila bakrena ruda halkopirit, a u 20. stoljeću magnetit (Jovanović 1982, 2). Na sjevernoj strani brda sačuvani su najreprezentativniji tragovi prapovijesnog rudarstva koji pokazuju na koji je način čovjek rudario bakar, koji je kasnije vadio iz rude i pretvarao u predmete razne namjene (Jovanović 1982, 3). Rudna glava se u prapovijesti koristila i za izvlačenje samorodnog bakra i oksidnih ruda jer su prvi rudari dolazili na još netaknuta ležišta . Na raspolaganju im je stajao cijeli repertoar bakrenih ruda poredanih od površine prema dnu, počevši od samorodnog bakra do oksidnih ruda pa najzad do sulfidnih. Nažalost, zbog učestalog korištenja tijekom kasnijih razdoblja, te su najranije galerije i rovovi ili uništeni ili su ostali sačuvani u malom broju (Jovanović 1979, 30). Također, treba obratiti pažnju na činjenicu da su rudna ležišta koja su bila korištena u prapovijesti s našeg današnjeg stajališta potpuno ekonomski neisplativa za korištenje, ali su takva nalazišta bila od iznimne važnosti prapovijesnim rudarima (Jovanović 1979, 32). Danas se potencijal za eksploatiranje nekog ležišta uzima u obzir samo ako se radi o stotinama tisuća ili milijunima tona ruda, dok je prapovijesnim populacijama i nekoliko tona rude osiguravalo iznimno veliku količinu sirovine potrebne za alate i oružje. U Hrvatskoj, isto kao i Srbiji, postoji mnogo ovakvih "sitnih" ležišta te se njihova korisnost mora uzeti u obzir prilikom razmatranja bilo kakvih rudarskih aktivnosti u prošlosti. Ujedno se pažnja treba dati malim količinama alata ili ruda koje se nalaze po naseljima i arheološkim lokalitetima jer takvi nalazi ne moraju biti dokaz importa, nego upućuju na samodostatnost malih lokalnih populacija (Jovanović 1979, 32). Prvi su korisnici rudnika Rudna glava bili nositelji vinčanske kulture koja se rasprostirala po teritoriju Srbije, a nalazi bakrenih predmeta iz mlađe faze Pločnik I ujedno upućuju i na aktivnost lijevanja. No nakon ove kulture eksploataciju rudnika su nesumnjivo nastavile i kasnije kulture.

Da bi se uspješno rudarilo, prvo se treba pronaći rudnik. Starim je rudarima prilikom rekognosciranja terena pomagala koncentracija samorodnog i oksidnog bakra na površini brda jer je samorodni bakar zbog oksidacijskih procesa bojao okolno zemljište zanimljivom zelenkastom bojom te je to bio jasan znak da je tu bakreno ležište. Na ovakav se način bakar mogao pronalaziti po cijeloj Europi, neovisno o kulturnoj pripadnosti (Jovanović 1979, 42).

Nakon lociranja rudnih žila, bilo je potrebno očistiti teren te napraviti pristupnu platformu kojoj je zadaća bila da osigura nesmetan prolaz prema budućem oknu koje će pratiti žilu, ali su korištene i kao privremena odlagalište ruda i radionice za prebiranje rude. Od pristupne platforme počinjalo se dubiti vertikalno okno koje je nastajalo praćenjem rudne žile i iskapanjem rude. Dubina okana nastalih na ovaj način bila je od 15 do 20 metara, a sama okna su bila male širine, od 0,6 do 2 metra (Jovanović 1979, 44). Glavni alat kojim su se rudari služili bila su masivni riječni oblutci koji su služili kao batovi i vjerojatno su se držali u ruci bez drška jer bi takav način upotrebe bio nepraktičan u uskim prostorima okana. Neki od batova imaju izražene kružne utore po sredini, pa se pretpostavlja da je na taj dio bilo privezano uže ili remen čime bi se povećavala sila zamaha, a samim time i snaga udaraca. Na batovima se vide tragovi upotrebe s čelone strane (Jovanović 1979, 45). Skraćivanjem ili produživanjem užeta smanjivao bi se zamahni krak i na taj je način prapovijesni rudar mogao točno dozirati udarac i primjenu sile te je tako bolje mogao dubiti okno. Uočavaju se i specijalizirani oblici batova koji se dijele na valjkaste, pravokutne, trokutaste i one oblika klina. Ova raznolikost se objašnjava prilagodbom veličini okna te različitim situacijama udaranja i vađenja rude (Jovanović 1979, 46). S pomoću vatre i topline mogle su se zagrijavati stijene i rude te bi, nakon što bi se podigla njihova temperatura, naglim hlađenjem vodom dolazilo do pucanja stijenja pa su se na taj način mogla izvoditi najveća probijanja dijelova okana (slika 20) (Jovanović 1982,66). U prilog ovom procesu govore ostaci ognjišta nađeni u dnu okana.



Slika 20. Prikaz eksperimentalne primjene vatre prilikom rudarenja
Izvor: Woelk, Gelhoit i Bunk 1998.

Osim batova, koristili su se i jelenji rogovi kao svojevrсни pijuci i poluge s pomoću kojih se širila rupa okna i skupljala izmrvljena ruda. Alatkama od drva ili kosti lopatastog oblika ruda je skupljana u nekakve recipijente, najvjerojatnije pletene košare te je dizana na

površinu gdje je prolazila dodatna sortiranja, mrvljenje i transport do radioničkih centara (Jovanović 1979,46).

Na ovaj su se način mogli rudariti i razni rudnici na drugim lokacijama te su se tim procesom populacije opskrbljivale sirovinama potrebnim za proizvodnju metala, kako u bakreno tako i u brončano doba. Višak rude koji se iskapao mogao je služiti za razmjenu sa susjednim grupama gdje rudnih ležišta nema puno te je na taj način ostvarivan import ili eksport rude i metala. Takav se proces događao na istoku Rumunjske i zapadu Ukrajine gdje nema važnijih ležišta bakra. Ustanovljeno je da je njihova sirovinaska osnova porijeklom s balkanskih prostora (Jovanović 1979,50).

Slične se pojave rudarenja mogu pronaći kod bakrenih rudnika Mitterberg (Austrija), u Irskoj, Bugarskoj s velikim rudnikom Ai Bunar, poznatom rudniku Timna u Izraelu, Chinflonu u Španjolskoj te Great Orme u Wellsu (Penhallurick 1986, 58). Svi imaju jednake pokazatelje korištenja kroz bakreno i brončano doba, a tehnike koje su korištene u izvlačenju ruda na tim lokalitetima ne razlikuju se previše (Jovanović 1982,62,81). Prapovijesno je rudarstvo, stoga, univerzalna djelatnost namijenjena skupljanju neizostavnih sirovina potrebnih raznim zajednicama koje su dostigle tehnološki stupanj razvoja koji omogućava korištenje metalnih predmeta. Ujedno, znanje o rudarstvu nije samo tekovina jedne populacije ili kulture nekog vremena i prostora, nego je zapravo odlika svih populacija ili kultura svijeta (Jovanović 1982, 81). Budući da Hrvatska sama raspolaže rudnim ležištima bakra u bakrenom i brončanom dobu, a izvori kositra su u neposrednoj blizini, jasno je da su idealni uvjeti postojali za razvoj autohtone metalurške tradicije koja je objedinjavala sve aspekte tog procesa – rudarenje i obradu i proizvodnju metala, pa je finalni proizvod mogao biti, uvjetno rečeno, "100 % domaći".

10. KULTURE

Na hrvatskom su prostoru obitavale kulture koje su svojim tehnološkim naporima i postignućima utjecale na razvoj i daljnje širenje inicijalne bakrenodobne metalurgije te su je tijekom kasnog srednjeg i kasnog bakrenog doba pretvorile u osnovu za ranobrončanodobnu metalurgiju koja se početkom ranoga brončanog doba pretvara u istinsku metalurgiju bronce. Takav je razvoj konstatiran svjetlom novijih istraživanja koja su transformirala neke kulture za koje se prije mislilo da im je metalurgija bila na nižem stupnju razvoja. Tako je stvorena potpunija slika i mogućnost razumijevanja kompleksnih, ali zanimljivih procesa i promjena koje obuhvaćaju prostor Hrvatske prije i tijekom ranoga brončanog doba. Koncept autohtone metalurgije koja se razvija na lokalnim balkanskim temeljima polako uzima primat pred starijim pretpostavkama koje su favorizirale ideju o istočnom podrijetlu znanja i tehnologija (Sherratt 1993, 1) te se polako napušta difuzionistički pristup. Sherratt tako predstavlja tezu o konceptu takozvanog "world system" modela koji uzima u obzir novija saznanja i na temelju njih predlaže ideju o neovisnosti balkanske i bliskoistočne metalurgije (Sherratt 1993, 2). Uvodi se i koncept jezgre i periferije u kojem je jezgra jaka u tehnološkom smislu i kod koje se promjene brzo uočavaju te naglim otkrićima na polju rudarenja i metalurgije, uz porast populacije, dolazi do naglih ekspanzija, ali isto tako i do naglih krahova kada nestaju uvjeti za razvoj (Sherratt 1993, 11). Periferne zajednice služe kao prenosioci ideja i medijatori između jakih jezgara, ali se kod njih ne osjeća nagla promjena već je njihov razvoj sporiji (Sherratt 1993, 4). Predlaže se teza da su obje industrije nastale na temeljima poznavanja peći i tehnologije vatre potrebne za proizvodnju bojane keramike. Uz razvoj rudarenja kojem je cilj bio pribavljanje sirovina, kako je opisano u prijašnjem poglavlju, da se zaključiti da je teza o autohtonom balkanskom podrijetlu metalurgije, a ovdje se misli na brončanu privredu, izglednija. Kulture u Hrvatskoj koje su zahvaćene u sklopu ovih promjena, a i ovim radom, kronološkim redom jesu: badenska, kostolačka, vučedolska, vinkovačka te cetinska. Iako neke od ovih kultura po klasičnom sistemu ne pripadaju brončanom dobu Europe, neosporiva je činjenica da njihove industrije, ako ih tako možemo nazvati, pripadaju više brončanom dobu, a manje klasičnoj bakrenoj metalurgiji.

10.1. Badenska kultura

Badensku kulturu kao zasebnu kulturu prvi spominje Robert Rudolf Schmidt 1945. godine te ju imenuje po eponimnom lokalitetu Baden– Königshöhle u Donjoj Austriji (Dimitrijević 1979, 182), a datira se u period od 3600/3500–2800/2700 g. pr. n. e. (Virag 2003, 132; Durman 1992, 3) te se dijeli na pretklasičnu (ranu), ranoklasičnu (srednju) i kasnoklasičnu (kasnu) fazu (Dimitrijević 1979, 184).

Prateći opću podjelu pretklasična se faza još dijeli na dva stupnja:

- stupanj A1 – Boleraz horizont
- stupanj A2 – Fonyod horizont

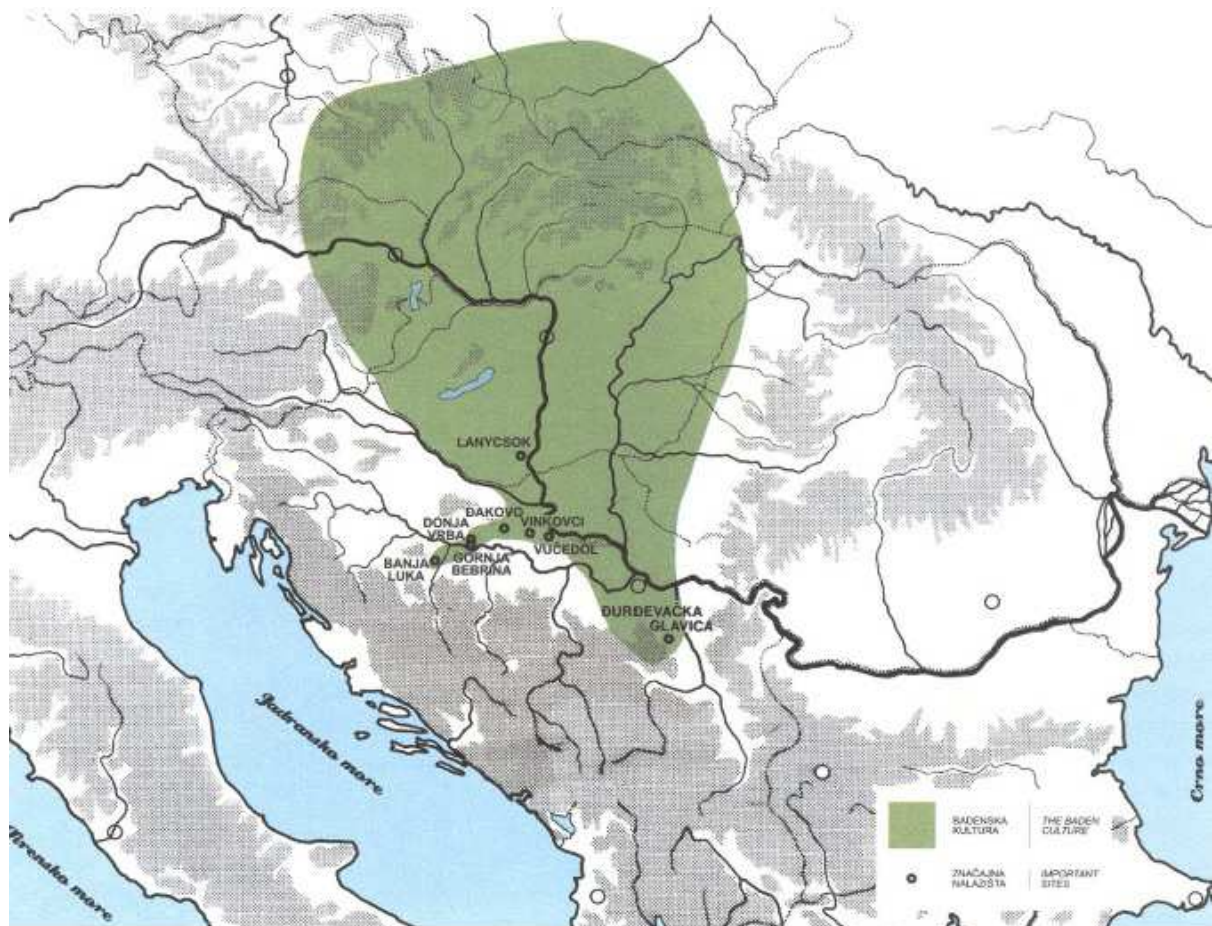
Ranoklasična se faza dijeli na:

- stupanj B1
- stupanj B2

Kasnoklasična faza je označena stupnjem C, a nakon nje slijedi i svojevrsni dodatak – stupanj D koji označava horizont raspadanja badenske kulture (Dimitrijević 1979, 195).

Premda se za badensku kulturu smatra da je ključna za razumijevanje europskog bakrenog doba te kronologije bakrenog doba, ipak ne postoje ujednačeni stavovi europskih arheologa o njezinom podrijetlu i genezi (Težak-Gregl 1998, 122; Dimitrijević 1979, 182; Durman 2000, 94).

Badenska se kultura prostorno rasprostirala preko teritorija (slika 21) današnje sjeverne i istočne Austrije, Moravske, Češke, južne Poljske i Slovačke, čitave Mađarske, sjeveroistočne Hrvatske i dijelova Vojvodine u Srbiji (Dimitrijević 1979, 183; Težak-Gregl 1998, 122). Zbog velikog prostora rasprostiranja ove kulture, ona dugo vremena nije nosila jedan jedinstveni naziv nego je bila poznata pod nazivom Peceler kultura u Mađarskoj, kultura kanelirane keramike u Češkoj, dok je u Austriji i na prostoru bivše Jugoslavije bila poznata pod nazivom badenska (Dimitrijević 1979, 184). No danas ti nazivi ne prevladavaju, već se na spomenutom prostoru naziva badenskom.



Slika 21. Prostor rasprostriranja badenske kulture
Izvor: Durman 2006.

Trenutne teorije koje su dominantne u opisivanju nastanka badenske kulture su sljedeće: Marija Gimbutas ju je smatrala nositeljrm 2. vala indoeuropskih doseljenika koji se sele sa stepskih područja, koja obuhvaćaju prostor sjeverne crnomorske oblasti, na zapad Europe te se naseljavaju u Podunavlju, čineći tako svojevrsni spoj autohtonog stanovništva i pridošlica s Istoka. Ona te narode naziva kurganskim narodima (Durman 2000, 94). István Ecsedy smatra da su stepski narodi započeli pomicanje tijekom rane tripoljske kulture i svojim pritiskanjem stvorili kulturu Usatovo, a kultura Černavoda I preslojava prostor prijašnje kulture Gumelnita. Uslijed populacijskih migracija dolazi do srastanja kompleksa Bodrogkeresztur i Salcuta koji nestaje pred dolaskom Černavoda III – Boleraz populacije te se ona smatra početkom badenske kulture koja je spoj tih populacija (Durman 2000, 94). Nandor Kalicz krivce za nastajanje badenske kulture smatra kulture Boleraz, Černavoda i Ezero te se njihovim miješanjem stvara badenska koja zauzima prostor Karpatskog bazena i Podunavlja (Durman 2000, 94). Dimitrijević smatra da je ona nastala na prostoru južnog

Balkana, na granici kasne vinčanske kulture, te da ima jak anatolski utjecaj i istočnostepsku komponentu koja se očituje u drugačijim antropološkim ostacima, novom načinu pokapanja pokojnika i njihovom položaju u grobu (Dimitrijević 1979, 228; Težak-Gregl 1998, 124).

Neosporna je činjenica da je prodor novih populacija s istoka utjecao na formiranje i daljnji razvoj europskih kultura i tijekom prapovijesti. Ujedno se badenska kultura smatra prvom indoeuropskom kulturom zapadno od Dunava (Durman 2006, 27). Badenska se kultura u Hrvatskoj smjestila na prostor istočne i srednje Slavonije te Baranje. Naselja i lokaliteti koji se pripisuju ovoj kulturi su Vučedol, Bapska, Vinkovci, Donja Vrba kod Slavenskog Broda (Saloš), Grabrovac, Sarvaš i Beli Manastir. Samih naselja badenske kulture ima mnogo više, ne samo u Hrvatskoj nego i na okolnim prostorima, no s obzirom na to da je tema ovog diplomskog rada metalurgija, spomenut će se samo najvažnija naselja i ona u kojima su pronađeni nalazi metala i metalurške djelatnosti.

Ova mjesta su i prije naseljavanja nositelja badenske kulture bila naseljena, ali je većina njih stradala u požarima ili su napuštena. Badenska populacija nastavlja živjeti na tim mjestima kao simbol vlasti nad autohtonim stanovništvom i prostorom, premda u ranijim fazama badenske kulture to nije slučaj (Durman 2006, 28; Težak-Gregl 1998, 122). Naselja badenske kulture bila su mahom sastavljena od ukopanih jama (zemunice) od kojih su neke bile dovoljno velike za život, dok su druge služile za spremanje sirovina, namirnica i kao radionice. Jedino na nalazištima Vučedol, Gomolav i Sarvaš grade trajnije objekte s izraženim apsidalnim tlocrtom i s tipičnom balkanskom tehnikom nabijanja zemljanog poda, gradnjom zidova od prepletenog pruća oblijepljenog ilovačom i sa slamnatim krovom kojeg nose zabodeni kolci kao nositelji cjelokupne konstrukcije (Durman 1992, 3; Težak-Gregl 1998, 123). Ove se apsidalne kuće dovode u vezu s nalazom naselja u Sitagroiju i bitne su za razumijevanje razvoja metalurgije ovog prostora (Durman 1992, 3). Privreda badenske kulture mora se gledati kroz činjenicu da je njezina populacija imala nomadske osobine velike pokretljivosti zahvaljujući upotrebi kola s volovskom zapregom te da su imali razvijeno stočarstvo, prvenstveno koza, ovaca i goveda, ali su koristile i konje (Durman 2006, 27). Imali su i razvijenu proizvodnju keramike visoke kvalitete i tradicionalnih oblika (Težak-Gregl 1998, 124).

Badenska keramika poznata je i po crno poliranoj površini keramike kojom se možda oponašao metalni sjaj, a neki keramički oblici imaju prototipove i u metalnoj izvedbi. Također se primjećuje i upotreba tehnike ukrašavanja keramike koja podsjeća na punciranje kojom se simulira tehnika iskucavanja metala (Težak-Gregl 1998, 125). Badenska kultura je zbog velikih prostora u kasnoj fazi svog života razvila nekoliko zasebnih regionalnih tipova koji, premda su pripadali jednoj kulturi, imaju naglašene individualne karakteristike. Ti regionalni tipovi se nazivaju po lokalitetima gdje su nađeni te su redom: *Boleraz* (A1) s lokalitetima Deronje i Mostonga u Bačkoj, *Fonyod* (A2) s lokalitetima Vučedol – Gradac, Bapska i Vinča u Slavoniji i Srijemu, tip *Budakalacz – Beli Manastir* (C) koji je zastupljen u Baranji, *Uny* u sjevernom i srednjem dijelu Transdanubije, *Viss* koji se rasprostire kroz prostor sjevernog Potisja, *Ossarn* u donjoj Austriji te tip *Hódmezővásárhely – Bodzáspart* koji se prostirao kroz srednje i južno Potisje (Dimitrijević 1979, 195). Nalazišta ove kulture u Hrvatskoj su, kada se sagledava cjelokupno rasprostiranje kulture, zapravo bila na periferiji njezinog područja. Zbog velikih razdaljina između zaposjednutih prostora, slabi utjecaj elemenata badenske kulture tijekom B2 stupnja te ona polako počinje prerastati, na temelju autohtonih elemenata koji su joj prethodili, u novu kulturu koja se naziva kostolačkom. Prijelaz je bio miran i zabilježen je suživot kultura (Težak-Gregl 1998, 126).

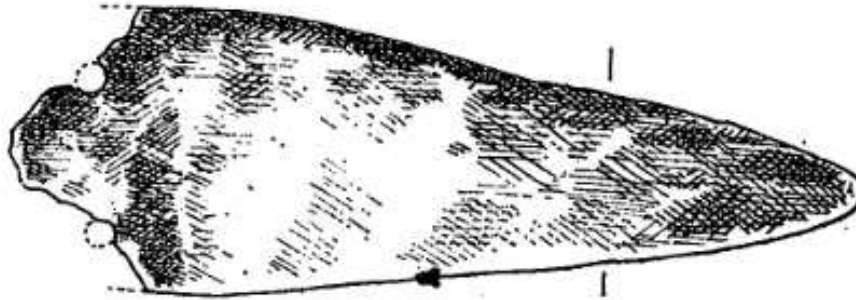
Za badensku se kulturu smatralo da je njezina metalurška aktivnost bila skromna i da je posjedovala samo proizvode od bakra, no novija istraživanja i nalazi bacaju potpuno novo svjetlo na ovu kulturu, njezin utjecaj i važnost za razvoj cjelokupne metalurške djelatnosti ovog prostora. Nalazišta koja pokazuju tehnološki napredak badenske kulture su Vučedol – Vinograd Streim, Okukalj kod Donje Bebrine blizu Slavenskog Broda i Saloš kod Donje Vrbe, također blizu Slavenskog Broda.

10.1.1. Vučedol – Vinograd Streim

Sustavna arheološka istraživanja započela su 1984. na nalazištu Vučedol koje se sastoji od četiri lokaliteta: Gradac, Vinograd i Kukuružište Streim te Vinograd Karasović. Prijašnja je istraživanja na Vučedolu obavljao R.R. Schmidt, i to na lokalitetu Gradac koji je smatrao svojevrsnom akropolom, dok je okolni dio služio za naselje i ekonomske objekte (Težak-Gregl 1985, 23). Tijekom radova koji su '84. obavljani na dijelu lokaliteta Vinograda Streim, točnije njegovog dijela koji čini plato naslonjen uz obalu Dunava, otkriveni su ostaci badenske, kostolačke i vučedolske kulture u slojevima koji, počevši od najstarijeg, predstavljaju badenski sloj nakon kojeg slijedi miješani badensko-kostolački sloj, a nakon njih slojevi kostolačke i vučedolske kulture. Badenski je sloj bio najbogatiji sloj, visine 60 cm, dok su kasniji slojevi tanji ili su potpuno uništeni poljoprivrednom aktivnošću (Težak-Gregl 1985, 24). Od ukupno sedamdeset jamskih objekata nađenih tijekom istraživanja, trideset i dva se mogu pripisati badenskoj kulturi, a radi se o svojevrsnim otpadnim jamama okomitih stijenci više ili manje pravilnog kružnog oblika. Definirane su kao otpadne na temelju nalaza pepela, gara, raznih životinjskih kostiju i ulomaka razbijene keramika. No dva nalaza odskakuju od ostalih jer se radi o jamama koje su iskorištene za ukop pokojnika (Težak-Gregl 1985, 24). U jednom je grobu sahranjen muškarac, a u drugom dijete. Za temu ovog rada, osvrnut ću se na grob broj 3 koji donosi uvid o metalnoj produkciji badenske kulture. Grob broj 3 sastoji se od ukopne jame na dubini 2,71 metara te je orijentiran u smjeru istok – zapad. U grob je bila položena odrasla osoba, okrenuta na prsa, ispruženih nogu i ruku prekrivenih ispod prsa. Kostur nije kompletan jer jedno stopalo nedostaje, a jedno je bilo pomaknuto u stranu. Grob je bio posut fragmentima kućnog lijepa crvene boje kojim se vjerojatno simulirao obred posipanja okera po pokojnicima koji je česta pojava u prapovijesti (Težak-Gregl 1985, 29). Grobni prilozi koji su nađeni unutar ukopa jesu jedan kremeniti nožić dužine 7 cm i naizgled bakreni nožić – lamela dužine 5,5 cm. Na temelju ovih priloga pretpostavlja se da je riječ o muškoj osobi (Težak-Gregl 1985, 30). Sam bakreni nožić izduženog je, jednostavnog trokutastog oblika oštećenih rubova. Za ovaj nalaz "bakrenog" nožića na početku se vjerovalo da predstavlja vrijedan nalaz bakrene produkcije, no nakon detaljne spektralne analize predmeta, utvrđeno je da se radi o slitini bakra i arsena (Težak-Gregl 1985, 31). Sastav ovog predmeta nakon rezultata analize je glasio:

Cu (bakar) – 94,0123 %, As (arsen) – 5,4961 %, Sn (kositar) 0,0147 %

Osim ovog nalaza iz groba bitno je spomenuti još jedan nalaz iz istog nalazišta, pronađen 1985. godine. Radi se o nalazu triangularnog bodeža dužine 8,2 cm i širine 2,7 cm na najširem dijelu (slika 22) (Težak-Gregl 1987, 74).



Slika 22. Triangularni bodež iz Vučedola
Izvor: Težak-Gregl 1985.

Bodež je oštećen u donjem dijelu, ali se mogu razabrati rupice za zakovice kojima se bodež pričvršćivao na držak. Ovaj je nalaz također pronađen u badenskom sloju (B stupanj kulture), a spektralna analiza je pokazala da je i ovdje riječ o slitini¹³ bakra i arsena:

Cu (bakar) – 98,2786 %, As (arsen) – 1,2363 %, Fe (željezo) – 0,4931 %

Pojava bakrenog nožića i bodeža pokazala je da je badenska kultura, osim što je koristila jednostavne bakrene alate kao što su šila, igle, dlijeta i sjekire od običnog bakra, poznavala i koristila bodeže tipa lamela, i to od slitine bakra i arsena (Težak-Gregl 1987, 74). Osim oruđa i oružja, badenska populacija koristila je i nakit od bakra koji se nalazi i u grobovima: igle u ženskim, a perle i predmeti od bakrenog lima u muškim grobovima, iako je kod njih češće neki alat kao šilo ili dlijeto (Težak-Gregl 1987, 74).

¹³ Durman (2000) navodi za ovaj predmet malo drugačije rezultate analize:

Cu (bakar) – 97,487 %, As (arsen) – 1,51 %, Fe (željezo) – 0,78 %, Zn (cink) – 0,221 %

10.1.2. Okukalj

Na ovom je nalazištu kraj Gornje Bebrine, nedaleko od Slavenskog Broda na mjestu stare obale rijeke Save, pronađena radionica rane faze (B stupanj) badenske kulture. Unutar ostataka zemunice nalazilo se ognjište dimenzija 0,6 – 0,9 metara, dok su oko ognjišta pronađeni ostaci metalne zgure i dvije posude debelih stijenki plitkih recipijenata s izljevom te tragovima gorenja i topljenog metala zelenkaste boje u unutrašnjosti posude (Durman 2000, 95). Analizom neutronske aktivacije (X-zrake/rendgen), provedene na zagrebačkom Institutu Ruđer Bošković, otkriveno je da dva nalaza metalne šljake iz radionice imaju sljedeći sastav:

1. Cu(bakar) – 64,214 %, As(arsen) – 0,002 %, Fe(željezo) – 34,706 %, Zn(cink) – 0,792 %, Pb(olovo) – 0,264 %
2. Cu(bakar) – 27,487 %, As(arsen) – 0,005 %, Fe(željezo) – 56,376 %, Zn(cink) – 16,444 %, Pb(olovo) – 1,341 %

Iz navedenog se da primijetiti da topljenje rude nije bilo najbolje izvedeno, čemu svjedoči visok postotak bakra preostalog u šljaci, te da je rudača korištena u procesu bila jako bogata bakrom (Durman 2000, 95). Prilikom obrade rudače moguće je dobiti dvije vrste šljake: prvu s velikim postotkom željeza i malim postotkom obojenih metala koja nastaje procesom izvlačenja bakra iz rude te drugu koja nastaje taljenjem bakra u posudi i sadrži visoki postotak obojenih metala i mali postotak željeza (Tylecote 1976, 19).

10.1.3. Donja Vrba – Saloš

Na ovom lokalitetu koji se nalazi blizu Slavenskog Broda, 1989. godine otkriven je neizmjereno važan nalaz badenske metalurgije (Durman 2000, 96). Prilikom otkopavanja badenskog naselja, tijekom kojeg su otkopane trideset i dvije jame datirane u B stupanj ove kulture, pronađeni su ostaci triju metalurških peći, trinaest cijelih ili djelomično sačuvanih otvorenih kalupa korištenih za lijevanje plosnatih sjekira, dvije posude za topljenje metala te šest manjih posuda s izraženim oštećenjima s unutarnje strane koja su nastala izloženošću visokim temperaturama (Durman 2000, 96).

Radionički centar se nalazio u zemunici broj 7, čije su dimenzije 6 x 3,4 m, ali tamo nije bilo ostataka peći već su nađena četiri kalupa, posuda za topljenje metala te tragovi rude i metala. U jami broj 11 nalazila se peć promjera 1 metar te sačuvani ostaci kupole, a bila je postavljena s otvorom pod kutom od 45^o u odnosu na jamu, dok su oko peći bili tragovi rudače i ulomci kalupa za lijevanje (Durman 2000, 97). Druga peć je većih dimenzija i ima promjer od 2 metra te je, izgleda, bila otvoreno vatrište, a ne kupolasta peć. Oko nje su nađeni dijelovi kalupa za lijevanje i ostaci bakra. Unutar jame broj 20 pronađena je treća peć kupolastog tipa i promjera 0,8 metara, s izvrsno sačuvanom kupolom, a pored nje je pronađen jedan kalup za lijevanje sjekira plosnatog tipa (Durman 2000, 97).

Komad šljake iz jame 13 (13/1) te mali amorfnu komad pretopljenog bakra iz iste jame (13/2) pokazuju nakon analize sljedeće vrijednosti:

13/1 Cu(bakar) – 92,086 %, Sn(kositar) – 0,020 %, Fe(željezo) – 5,416 %, Zn(cink) – 0,817 %, Pb(olovo) – 0,391 %, Mn(mangan) – 1,266 %

13/2 Cu(bakar) – 94,720 %, Sn(kositar) – 0,026 %, Fe(željezo) – 1,811 %, Zn(cink) – 1,761 %, As(arsen) – 0,654 %, Mn(mangan) – 1,025 %

Na temelju njih se da zaključiti da je na ovom lokalitetu, za razliku od onog kod Okuklja, vještina majstora ljevača bila veća te je postignuto uspješno odvajanje bakra iz sulfidne rude i njegovo kasnije taljenje (Durman 2000, 97). Nalaz sličan peći zatvorenog kupolastog tipa, pronađen u badenskom kulturnom sloju, potječe iz mjesta Dobanovci u Srbiji. Peć je bila potkovastog oblika ukopanog u zdravicu (Durman 1983, 23).

Iz prikazanih se nalaza i nalazišta stvara nova slika koja uvelike mijenja dosadašnja saznanja o metalurgiji badenske kulture. Prvo što se primjećuje su rezultati kemijskih analiza vučedolskih, okukaljanskih i saloških predmeta koji upućuju na postojanje arsenske bronce kao slitine i sulfidne rude na koju upućuju ostaci šljaka (Durman 2000, 98). Pojavom arsenom bogate rude, morala su se pronaći nova rješenja za izvlačenje metala iz rude, a da pritom ljevač i suradnici ne nastradaju. U tom pothvatu počinju se koristiti otvorene peći kao ona iz Saloša, ne samo po prvi put u Hrvatskoj, nego i u ovom dijelu Europe (Durman 2000, 99). Prilikom topljenja rude korišten je ugljik iz drvenog ugljena koji pomaže u separaciji željeza od bakra te je na taj način dobivena sirovinska osnova za daljnji rad. Da bi se dobili predmeti kao što su bodeži iz Vučedola, slitinu je bilo potrebno otopiti, a tome su služile manje peći s kupolama kao one iz Saloša i Okuklja, gdje su se u posudama za taljenje topile metalne smjese kasnije lijevane u kalupe za razne predmete. No zanimljivo je da nalazi na primjeru radionice iz Saloša ukazuju na to da se arsen dodavao bakru tek u fazi topljenja u zatvorenim pećima, što je nesvakidašnja pojava koja odskače od uobičajenih načina proizvodnje arsenske bronce (Durman 2000, 98). Ishodišna točka rude koja je korištena i koja je nesumnjivo bila halkopiritnog tipa, mora se tražiti u obližnjim bosanskim rudonosnim gorjima u okolici Čavke u čijoj se neposrednoj blizini nalaze naselja badenske kulture na Vinogradinama, Dvorovima te Alihođama (Durman 2000, 100). Rudača je pomno prebirana te je iz Bosne kretala na put prema badenskim naseljima u Slavoniji, pa se na traci tog puta javljaju nalazi kao oni iz Saloša i Okuklja, a Vučedol je najvjerojatnije bio finalna destinacija jer je riječ o potvrđenom velikom naselju. Orijentacija badenske kulture u ovom dijelu njezinog prostora rasprostiranja usmjerena je na Slavoniju i Podunavlje (Durman 2000, 100).

Ako se ove nalaze želi postaviti u malo šire europske kontekste, paralele je potrebno tražiti na prostoru okolnih kultura koje egzistiraju u približno istom periodu.

Na istoku Balkana u Trakiji je egzistirala kultura Ezero koja je nastala istim pomicanjem i migracijskim valovima koji su formirali i badensku kulturu. Na nalazištima ove kulture, koji su otkriveni u Bugarskoj blizu mjesta Hotnice, pronađene su dvije vrste nalaza. Podjela se odnosi na prvu grupu nalaza križno postavljenih sjekira tipičnih za bakreno doba, u čijem sastavu nema tragova arsena, i drugu grupu koju čine nalazi širokih plosnatih sjekira u kojima postoje tragovi arsena, pa se samim time ti nalazi mogu smjestiti u početak ranoga brončanog doba tog prostora (Durman 2000, 100). Tako E. N. Chernykh na temelju ove podjele radi periodizaciju kojom ezerske nalaze metalnih predmeta stavlja u dvije grupe te ih dijeli na: fazu A koju datira u period od 3500. do 3000. g. pr. n. e., a pripadala bi ranome

brončanom dobu I, i fazu B datiranu u period od 3000. do 2300. g. pr. n. e., što bi odgovaralo ranome brončanom dobu II (Durman 2000, 100) Pri formiraju ovakve datacije korišteno je dvadeset analiza radioaktivnog izotopa ugljika C14.

Osim ovih paralela, poznati su još i nalazi tri kalupa za lijevanje plosnatih sjekira koji su pronađeni na lokalitetu Lánycsók – Egettmalom u Mađarskoj, pripisani Boleraz (A) fazi badenske kulture, a imaju jednak oblik kao sjekire, slučajni nalazi iz Slavonije. Krasi ih odlika da imaju do 2,8 % arsena u svom sastavu. Ove se sjekire¹⁴ čuvaju u Arheološkom muzeju u Zagrebu (Durman 1992, 2). Ako se uzme u obzir da se Fonyod faza badenske kulture na Vučedolu datira u period oko 3350. g. pr. n. e., a početak badenske kulture se datira oko 3600/3500. g. pr. n. e., tada se početak brončanog doba može vezati za badensku kulturu na ovom prostoru (Durman 1992, 2; Virag 2003, 132).

Također, Renfrew sloj IV spaljene kuće s apsidom iz Sitagroijsa (Durman 1992; Sherratt 1986, 433) dovodi u vezu s badenskom kulturom. Na temelju nalaza arsenske bronce jasno se vidi da badenska metalurgija nije izolirana pojava s malim kapacitetima, nego se radi o mobilnoj jakoj populaciji koja, tražeći nova rudna ležišta, širi znanje i koncept nove metalurgije – one brončanog doba.

¹⁴ Od pet sjekira, tri imaju arsen u sastavu, tj. napravljene su od legure arsenske bronce

10.2. Kostolačka kultura

Kostolačku kulturu je 1943. godine kao zasebnu kulturu izdvojio Vladimir Milojević na temeljima nalaza iz Kostoca, Vučedola, Sarvaša, Vinče i Šuplje Stene na Avali (Tasić 1979, 234). Do 1943. godine, nalazi kostolačke kulture, koje su uglavnom činili keramički nalazi, bili su redovito pripisivani badenskoj, vučedolskoj i kulturi Coțofeni u Mađarskoj, Hrvatskoj i Rumunjskoj (Težak-Gregl 1998, 128). Pri determiniranju kostolačke kulture kao samostalne pojave, Milojević se služio nalazima iz zbirke Sveučilišta u Marburgu (Tasić 1979, 234). Prostor na kojem se rasprostirala ova kultura obuhvaća Slavoniju, Srijem, sjevernu Bosnu i Šumadiju te su joj to primarna područja iz kojih se kasnije proširila na prostore istočne Srbije, Oltenije, sjeverne Mađarske i na dio Slovačke (Težak-Gregl 1998, 128).

Kostolačka kultura je svoj život započela tijekom klasične faze badenske kulture od preostalog kasnoneolitičkog supstrata stanovništva koje badenska kultura nije sasvim asimilirala. Nakon početnog suživota, kostolačka kultura je potisnula badensku te se osamostalila kao jedinstvena pojava (Težak-Gregl 1998, 129). Kostolačka kultura svoja naselja gradi na različitim terenima i geografskim cjelinama. Slavonska naselja su mahom podignuta na lesnim terasama kraj riječnih tokova na kojima su prije bila naselja prijašnjih kultura. Takva su naselja često i utvrđena okopnim rovovima. Osim ravničarskih naselja, kostolačka kultura podiže i visinski teško pristupačna, ali lako branjiva naselja kao ona u planinama sjeverne Bosne (Težak-Gregl 1998, 129). Objekti i kuće unutar naselja građeni su tehnikom nabijenog zemljanog poda sa zidovima od pletera premazanih ilovačom i drvenih potpornih stupova pri čemu se zadržava pravokutni oblik objekta. Evidentna je razlika u gradnji u odnosu na badenske zemuničke objekte (Težak-Gregl 1998, 129).

Osim izgleda naselja, glavna komponenta po kojoj se kostolačka kultura prepoznaje je njezina keramička produkcija čiji se prepoznatljivi stil ukrašavanja temelji na upotrebi brazdastog urezivanja i ubadanja (Balen 2002, 35) te grupiranja motiva u horizontalna ili vertikalna polja na posudi (Težak-Gregl 1998, 130). Oblici zdjela koje se ukrašavaju svoje podrijetlo vuku iz badenske kulture, a ponekad se javljaju još stariji neolitički elementi posuđa (Težak-Gregl 1998, 129). Broj evidentiranih lokaliteta koji su pripisani kostolačkoj kulturi unutar hrvatskog prostora je trideset i pet (Balen 2002, 35). Od tih evidentiranih lokaliteta valja izdvojiti Aljmaš u Podunavlju, Ašikovce kraj Požege, Cerić kraj Vinkovaca, Đakovo, Lovaš, Novu Gradišku, Orolik, Osijek, Sarvaš, Vinkovce, Vučedol te Vukovar –

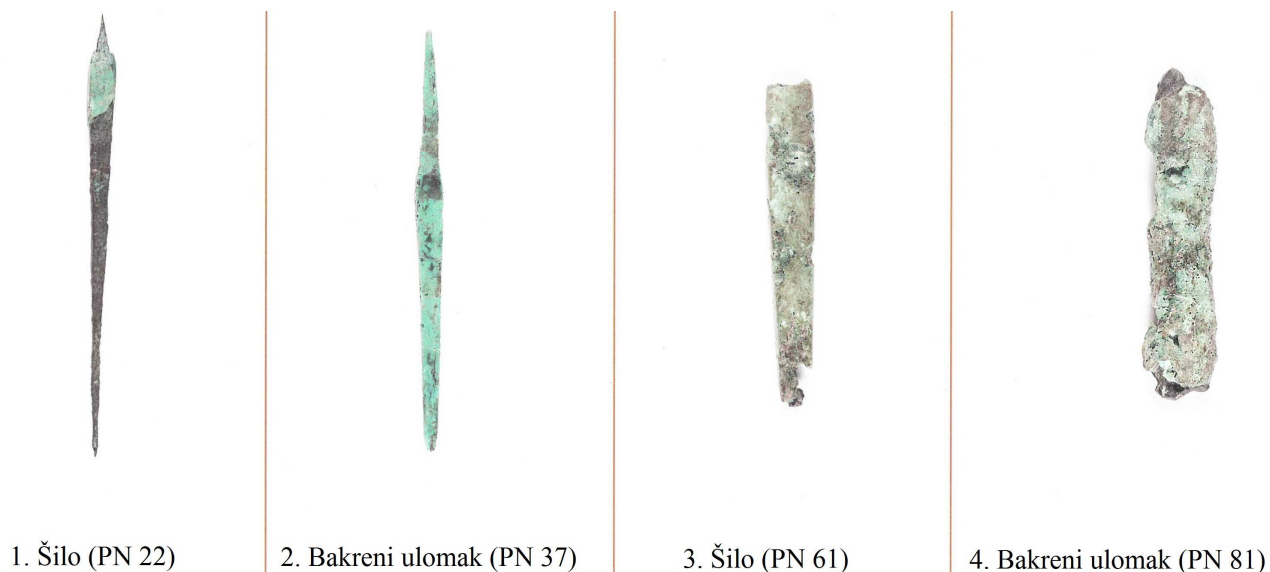
Lijeva bara kao veća naselja s mnogo nalaza kostolačke keramike koja pokazuju suživot s vučedolskom kulturom ili joj prethode (Balen 2002, 37; Težak-Gregl 1998, 129). Kostolačka kultura je u svojoj mlađoj fazi direktno omogućila nastanak vučedolske kulture koja ju je kasnije istisnula i natjerala da se širi na sjever put Mađarske i Slovačke te da na kraju nestane (Težak-Gregl 1998, 129). Privreda kostolačke kulture sastojala se od zemljoradnje, stočarstva i lova, uz ribarstvo koje je igralo važnu ulogu ako je u blizini bila rijeka (Balen 2005, 31). Datira se u period od 3300. – 2700. g. pr. n. e. (Balen 2011, 160).

Od svih lokaliteta kostolačke kulture samo je na jednom lokalitetu utvrđena prisutnost predmeta od slitine arsenske bronce, što ukazuje na to da je kostolačka kultura poznavala metalnu produkciju. Dosad se smatralo da je metalurgija bila zapostavljena u okviru kostolačke kulture, što je, ako se uzme u obzir njezin areal rasprostiranja i činjenica da je badenska kultura, iz koje je potekla kostolačka, poznavala naprednu metalurgiju, zbilja nevjerovatno. Jedino naselje koje je istraženo i koje je dalo predmete od arsenske bronce je Đakovo – Franjevac (Balen 2011).

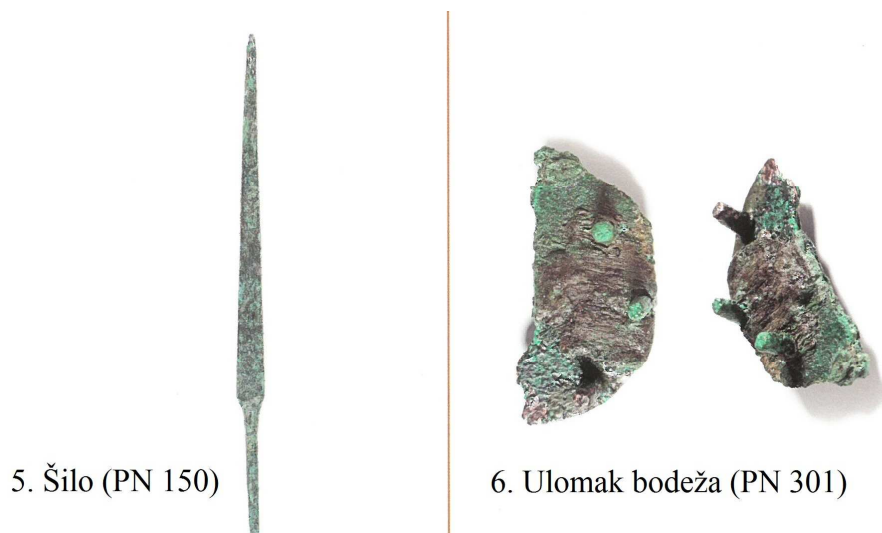
10.2.1. Đakovo – Franjevac

Nalazište Franjevac smjestilo se jugoistočno od Satnice Đakovačke na uzvisini te je omeđeno niskim vodoplovnim područjem, a radi se o jednoslojnom naselju (Balen 2011, 12). Ovo naselje pripada u skupinu većih istraženih naselja kostolačke kulture te je važno jer daje nove podatke i uvid u razvoj ove kulture. Kulturni sloj je debljine 30 – 40 cm (Balen 2011, 12). Naseobinske elemente čine objekti s više ćelija, jame ovalnog ili izduženog plitkog oblika te uski dugački kanali za koje se smatra da su se koristili prilikom obrade životinjskih koža (Balen 2011, 13,86). Neke su zemunice služile kao radni ili životni prostori, a pretpostavlja se da su neke od nepravilnih jama pronađenih na lokalitetu služile kao izvor ilovače za proizvodnju keramike (Balen 2011, 88).

Najzanimljiviji nalazi iz ovog naselja su predmeti od bakrene slitine nađeni u zapunama otpadnih jama. Radi se o tri šila i tri komada slitine (slika 23 i 24) (Balen 2011, 121). Ovakva šila četvrtastih presjeka i kratkih trnova imaju svoje paralele u kostolačkim nalazima iz Gomolave (Balen 2011, 121). Od preostala tri metalna ulomka pretpostavlja se da dva pripadaju dijelovima šila dok bi treći mogao pripadati ulomku listolikog bodeža. Ovakvi bodeži bi mogli biti paralelni badenskim nalazima iz Vučedola (Težak-Gregl 1987, 74; Balen 2011, 121). Tijekom iskopavanja i istraživanja ovog lokaliteta nije utvrđeno postojanje metalurške radionice koja je mogla proizvesti ove predmete, ali je nedvojbeno činjenica da kostolačka kultura poznaje i koristi predmete od arsenske bronce (Balen 2011, 121).



Slika 23. Nalazi iz Đakovo – Franjevac
Izvor: Balen 2011.



Slika 24. Nalazi iz Đakovo – Franjevac
Izvor: Balen 2011.

Analizom sastava predmeta utvrđeno je da potječu od sulfidne rudače i da je omjer elemenata u slitini za pojedini predmet sljedeći:

1. Šilo (PN 22) –

Cu(bakar) – 95,412 %, Fe(željezo) – 0,039 %, Zn(cink) – 0,817 %, Pb(olovo) – 1,369 %, As(arsen) – 1,447 %

2. Bakreni ulomak (PN 37) –

Cu(bakar) – 97,235 %, Fe(željezo) – 0,047 %, Zn(cink) – 0,007 %, Pb(olovo) – 0,338 %, As(arsen) – 1,557 %

3. Šilo (PN 61) –

Cu(bakar) – 97,268 %, Fe(željezo) – 0,014 %, Zn(cink) – 0,273 %, As(arsen) – 1,959 %

4. Bakreni ulomak (PN 81) –

Cu(bakar) – 98,171 %, Sb(antimon) – 0,222 %, As(arsen) – 1,432 %

5. Šilo (PN 150) –

Cu(bakar) – 95,487 %, Fe(željezo) – 0,026 %, Zn(cink) – 0,007 %, Sb(antimon) – 0,271 %, As(arsen) – 4,079 %

6. Ulomak bodeža (PN301) –

Cu(bakar) – 98,294 %, Fe(željezo) – 0,083 %, Au(zlato) – 0,222 %, As(arsen) – 1,134 %

Iz priloženih rezultata vidi se da je omjer arsena u predmetima otprilike 1,5 – 4 % te je očito da predmeti vuku podrijetlo iz badenske metalurške tradicije, no ostaje pitanje jesu li ih izradili nositelji kostolačke kulture ili su u Franjevac dospjeli trgovinom. Nedovoljna istraženost kostolačke kulture ujedno otežava pravilno definiranje uloge metalurgije u ovoj kulturi jer je ovo jedini nalaz metalnih predmeta (Balen 2011, 157).

Datumi dobiveni datacijom ovog naselja kreću se od 3300. – 2700. g. pr. n. e., a dobiveni datumi se mogu posložiti u kronološki okvir u kojem kostolačka kultura egzistira s klasičnom badenskom kulturom. Moguće je i djelomično poklapanje s vučedolskom kulturom koja počinje svoj život oko 2900. g. pr. n. e. (Balen 2011, 160).

10.3. Vučedolska kultura

Krajem eneolitika na prostoru Slavonije i Srijema počinje se formirati nova kulturna manifestacija, vučedolska kultura, koja je trajno obilježila hrvatski, ali i širi istočnoeuropski i balkanski prostor.

Slavonija i Srijem ishodišna su točka ove kulture i njezino matično područje (Težak-Gregl 1998, 131). Njezin nastanak dovodi se u vezu s drugim valom indoeuropskih seoba s istoka koje zahvaćaju hrvatski prostor te mijenjaju etničku sliku i donose razne novine (Težak-Gregl 1998, 131). Kultura je u europskoj arheologiji poznata više od stoljeća zahvaljujući istraživanjima Moritza Hoernesa koji je 1875. godine istraživao naselje ove kulture na Ljubljanskom barju u Sloveniji. Prvi naziv koji je ova kultura nosila je slavonska kultura, a skovao ga je 1929. Gordon Childe. No od 1945., objavom monografije *Die Burg Vučedol* R.R. Schmidta, ova kultura dobiva naziv po eponimnom lokalitetu Vučedol, smještenom na desnoj obali Dunava (Dimitrijević 1979, 226; Težak-Gregl 1998, 131). Vučedolska kultura nastaje iz kasnoneolitičkih elemenata sopotske i eneolitičkih elemenata kostolačke kulture koji se spajaju s došljacima s istoka (Indoeuroljanima) te na taj način tvore novu kulturu koja nosi osobine starog neolitika Balkana i novine s Istoka prvenstveno u vidu metalurgije (Težak-Gregl 1998, 135). Vučedolska se kultura datira u period između 3000. i 2400. g. pr. n. e. te je, ako se usporedi s ostatkom svijeta, paralelna s periodom Starog carstva u Egiptu, pojavom prvih gradova država u Mezopotamiji i prvim stupnjevima Troje na Bliskom istoku – Troja I i II (Durman 1988, 13; Durman 2006, 48; Renfrew 1970, 365).

Kulturu se može podijeliti na 4 faze (Dimitrijević 1979, 277):

1. Rana faza ili pretklasična faza A
2. Srednja faza ili ranoklasična B1 i kasnoklasična B2
3. Kasna faza ili stupanj regionalnih tipova C

Tijekom ovih faza kultura se mijenjala te širila svoj prostor rasprostiranja. Tako su u stupnju A, tijekom kojeg se još uvijek osjeća jak kostolački utjecaj, mahom naseljena područja koja su bila pogodna za život u prijašnjim razdobljima. Takva su mjesta Mitrovac, Lovas i Belegiš (Durman 1988, 21), a kultura se rasprostirala od Požeške kotline do Zemuna u Srbiji.

Tijekom B1 stupnja kultura zaposjeda lokalitete Vučedol, Sarvaš (stariji horizont), Borinci i Gomolava, a u B2 stupnju zaposjeda Sarvaš (mlađi horizont), Vinkovce (Tržnica), Zok u

Mađarskoj te se širi na rumunjski Banat. Evidentno je da tijekom B2 stupnja počinje ekspanzija vučedolaca na širi prostor. Tijekom C stupnja, uslijed velikih ekspanzija kulture, dolazi do formiranja raznih regionalnih tipova i udaljenih naselja koja, iako nose primarna obilježja vučedolske kulture, imaju i neke posebne elemente. Regionalni tipovi su:

- Slavonsko-srijemski s lokalitetima Ruma, Opatovac, Sotin, Orolik, Viškovci, Zok i Bosanska Kostajnica te se prostire od zemunskog do bjelovarskog područja.
- Slovenski ili tip Ljubljansko barje s lokalitetima Ljubljansko barje, Apatovci, Ptujski grad u Sloveniji.
- Zapadnobosanski tip ili hrustovački tip s lokalitetima Hrustovača i Zecovi na prostoru zapadne Bosne
- Južnobosanski ili tip Debelo brdo po nalazima iz Debelog brda u južnim dijelovima središnje Bosne
- Mako tip koji se prostire u Mađarskom Potisju i Podunavlju, Vojvodini, Moravskoj i okolici Praga
- Nyirseg tip koji se rasprostire u sjeveroistočnim dijelovima Karpatske kotline (Dimitrijević 1979, 277).

Naselja koja vučedolska kultura podiže na svojim lokalitetima su tijekom A i B faze pretežito smještena na prapornim terasama uz obale rijeka ili na obroncima brežuljaka. Tijekom C faze dolazi do ekspanzije vučedolske kulture na široki prostor s raznolikim geografskim obilježjima te se počinju graditi gradinska naselja koja pružaju bolje obrambene mogućnosti (Težak-Gregl 1998, 136). Vučedolska naselja su često stalnog i dugotrajnog vijeka, a objekti unutar naselja su izgrađeni s podovima od nabijene zemlje, zidovima od pletera premazani ilovačom te sa slamnatim krovovima, a prevladava četvrtast oblik kuća. U unutrašnjosti takvih objekata bila su ognjišta i svojevrzni podrumi za spremanje hrane i potrepština (Težak-Gregl 1998, 136). Ovakva su naselja često bila izgrađena na naseljima prethodnih kultura te su tako tvorila telove – pojave naseobinskog karaktera koje stvaraju umjetne brežuljke kontinuiranom gradnjom jednog sloja preko drugoga (Durman 1999, 15).

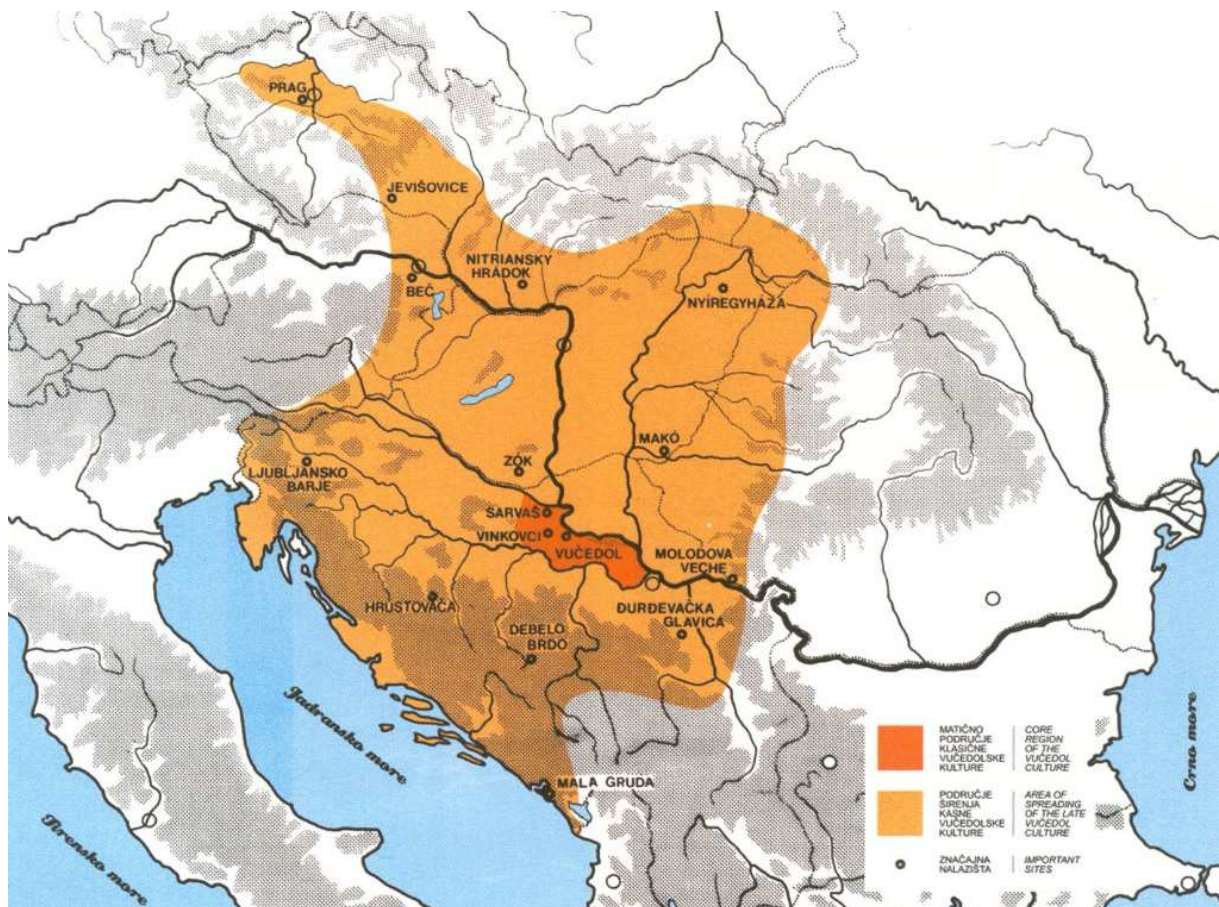
Važnu ulogu u biranju mjesta za naseobine igrala je mogućnost obrane naselja, pa su stoga mnoga naselja imala nepristupačne prilaze ili palisadnu ogradu (Durman 1999, 15). Privreda vučedolske kulture sastojala se od poljoprivrede, stočarstva i ribarstva te metalurgije. Dokazi za poljoprivredu su nalazi žrnjeva i žitarica unutar naselja, a velike količine govedih kostiju pronađenih u otpadnim jamama upućuju na razvijeno stočarstvo, i to mahom uzgoj goveda. Ostaci ribljih kostiju te koštanih harpuna u naseljima na Dunavu upućuju na to da je populacija intenzivno koristila riječnu faunu za prehranu (Durman 1999, 19). Upravo se uzgoj goveda dovodi u vezu s mobilnošću vučedolske populacije jer pronađeni keramički modeli teških kola upućuju na to da su vjerojatno bili vučeni volovskim zapregama čime su olakšavali kretanje na dužim putovanjima. Osim zemljoradnje i stočarstva, vučedolska kultura se odlikuje i razvijenom keramičkom produkcijom koja nadilazi sav keramičarski izričaj kultura prije nje (Durman 1983, 2).

Bavljenje stočarstvom društvu je donosilo materijalne viškove koji su se kasnije mogli razmjenjivati za robe koje vučedolska populacija nije mogla sama proizvesti. Iz ovakvih trgovinskih veza polako su nastajali temelji za širenje kulture u nove prostore, a jedan od glavnih razloga ekspanzije je bila potreba za pronalaskom novih rudnih ležišta koja bi hranila rastuću vučedolsku metaluršku proizvodnju (Durman 1983, 3). Upravo je metalurška produkcija glavna odlika ove kulture koja na neki način spaja kasni eneolitik s ranim brončanim dobom. Metalurgija vučedolskog kompleksa i kulture nadovezuje se na prijašnja tehnološka dostignuća, prvenstveno badenske kulture, te kao takva dodaje svoj pečat razvoju metalurgije na hrvatskom i okolnom prostoru Podunavlja i Balkana. Stvaranjem viška za robnu razmjenu, vučedolska je kultura u svojoj ranoj fazi nastanka bila primamljiva putujućim ljevačima iz šire regije. Takvi su ljevači u naselja donosili znanja i tehnike obrade metala te su se vjerojatno zadržavali duže vrijeme unutar naselja. Tijekom tog vremena vučedolska je populacija bila u mogućnosti naučiti i preuzeti tehnike lijevanja i obrade metala te tako kasnije samostalno proizvoditi metalne predmete (Durman 2006, 48).

Metalurgija vučedolske kulture tijekom svog trajanja koristila je i ovladala s tri izvora bakrenih ruda: oksidne, sulfidne i halkopiritne rude. Početna metalurška proizvodnja vučedolske kulture tijekom pretklasične faze temelji se na badenskom nasljeđu. U prvoj fazi vučedolske metalurgije (faza A) obilno se koriste oksidne i karbonatne rude, a tek u kasnoklasičnoj fazi (faza B2) počinju se koristiti sulfidne rude izvučene iz dubljih bakrenih

ležišta te novi tipovi dvodijelnih kalupa za serijsku proizvodnju predmeta od arsenske bronce (Durman 1992, 3; 2006, 79).

Tijekom svoje finalne faze života, vučedolska se kultura proširila preko skoro cijele jugoistočne i središnje Europe (slika 25), a nova su naselja mahom građena kraj velikih bakrenih ležišta sulfidnih i halkopiritnih ruda. Primjeri ovakvih naselja bi bili Debelo brdo i Varvara u Bosni te Đurđevačka Glavica u zapadnoj Srbiji oko kojih se nalaze rudonosna područja (Durman 1997, 12; Durman 2006, 49).



Slika 25. Prostor rasprostiranja vučedolske kulture
Izvor: Durman 2006.

Specifičnost Đurđevačke Glavice je u tome što se u neposrednoj blizini nalaze ležišta bakra i kositra koji su preduvjeti za pojavu prave bronce na kraju vučedolske kulture (Durman 1997, 12). U ovoj fazi se također koriste i karbonatne rude (Durman 1983, 55). U završnici kasne faze (faza C) vučedolske kulture počinju se koristiti halkopiritne rude koje osim bakra sadrže i željezo te nemaju arsen u svom sastavu. Iz ovakvih se ruda mogao dobiti

samo bakar, a željezo je smatrano nečistoćom koja nije mogla povećati tvrdoću bakra i nadomjestiti arsensku broncu. Taj se problem morao riješiti dodavanjem kositra u slitinu čime, krajem kasne faze vučedolske kulture, počinje pravo brončano doba. Nositelji vučedolske kulture započeli su korištenje bronce, a nositelji kasnije vinkovačke kulture smatraju se pravim nositeljima punog brončanog doba u Panoniji (Durman 2006, 79). Sopalji – keramički nastavci koji su se stavljali na vrhove puhaljki ili mjeхова (slika 26) počinju se javljati od vučedolske faze C upravo zbog korištenja halkopiritnih ruda i potrebe za specifičnim procesom taljenja koji zahtijeva otvorena ognjišta (Durman 1983, 36).



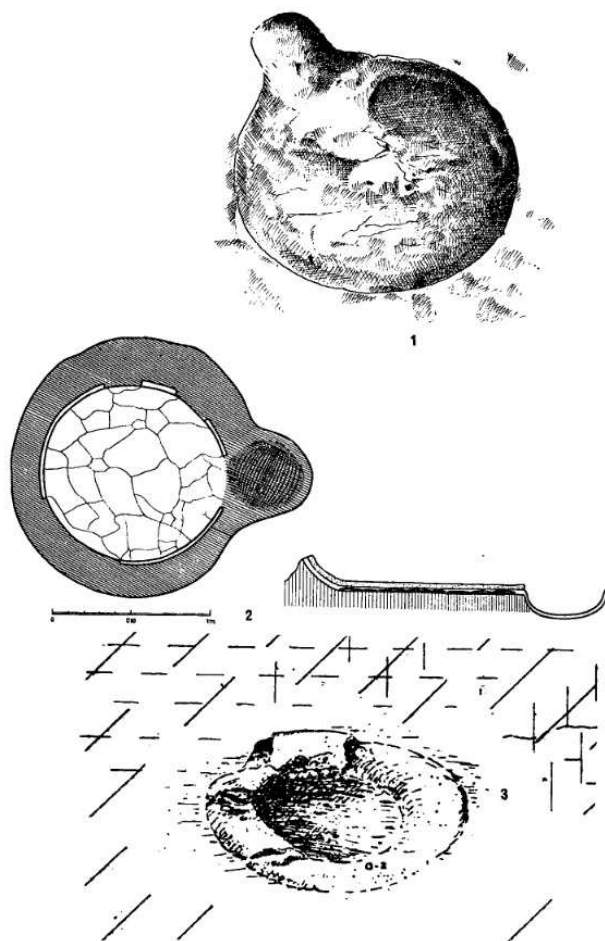
Slika 26. Keramički sopljevi iz Vinkovaca
Izvor: Durman 2006.

Povećanjem populacije koja se mogla baviti rudarstvom i općenitim povećanjem dostupnosti bakrene rudače iz novih naselja, dolazi do unaprjeđenja proizvodnog procesa metalnih predmeta te se javljaju dvojni kalupi koji revolucioniziraju proizvodni postupak (Durman 1983, 38). Nova pojava koja se javlja u periodu vučedolske kulture su ostave. Ostave su nalazi metalurških proizvoda ili alata koji su bili sakriveni iz nekog razloga te su kao takvi nađeni nedirnuti, a nude veliku količinu informacija iz polja metalurgije i srodnih djelatnosti (Durman 1983, 38). Nalazi koji pokazuju tehnološki napredak vučedolske kulture su Vučedol – Gradac, Sarvaš i Vinkovci – Tržnica.

10.3.1. Vučedol – Gradac

Lokalitet Gradac na Vučedolu nalazi se na uzvišenom platou između Vinograda i Kukuruzišta Streim, dok se sa sjeveroistočne strane strmo obrušava prema desnoj obali Dunava. Ovaj se dio vučedolskog lokaliteta izdvaja kao svojevrsna akropola ovog naselja na temelju pronađenih arhitektonskih ostataka, kulturnog značenja i, prije svega, gospodarskog značaja (Težak-Gregl 1998, 136). Cjelokupno stanovništvo Vučedola živjelo je na prostoru Vinograda Streim, Kukuruzišta Streim i Vinograda Karasović, dok je Gradac bio rezerviran za tehnološke potrebe. Velika pravokutna kuća dimenzija 16 x 9 m (Durman 2007, 49), s dvije prostorije i bočnim trijemom smatra se svojevrsnim megaronom te je jedini građevinski objekt na Gradcu (Težak – Gregl 1998, 136).

Rana faza ovog dijela naselja pripada fazi B1 vučedolske kulture, dok kasnija pripada fazi B2 te se u obje faze javlja metalurška aktivnost (Durman 1983, 31). Zbog svog povišenog položaja i odmaknute naravi od ostatka naselja, Gradac je bio idealna pozicija za metaluršku radionicu cijelog naselja, odvojen i djelomično nepristupačan. U starijoj fazi (B1) metalurški centar i radionica smjestili su se u megaronu i oko takozvanog "Megarona ljevača bakra" (Durman 1983, 31). Radionica se sastojala od pet metalurških peći od kojih su dvije bile izvan megarona, a tri unutar njega (Durman 1983, 31; Težak-Gregl 1998, 136). Vanjske peći (slika 27 i 28) izgledaju poput rimskih lampica s polukružnim dnom koje podsjećaju na bazen ukopan 20 centimetara u sloj prapora s dodatkom u obliku kljuna.

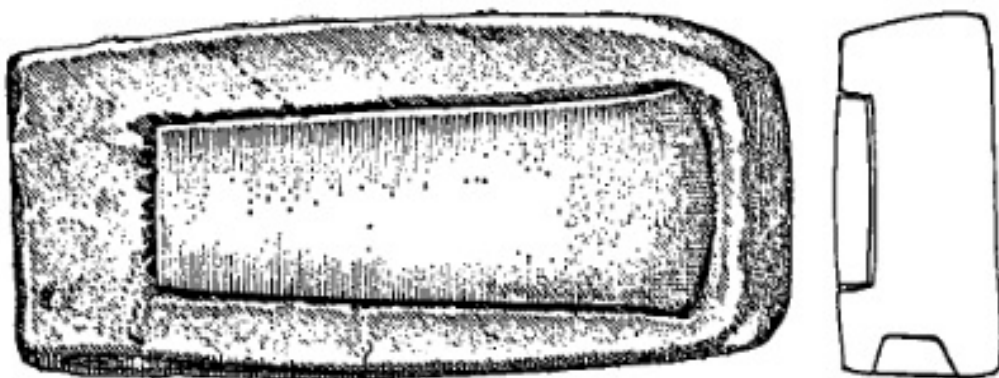


Slika 27. Peći iz Vučedol – Gradac
Izvor: Durman 1983.



Slika 28. Rekonstrukcija metalurških peći vučedolske kulture
Slikao: A. Durman, Muzej vučedolske kulture

Na dnu bazena vide se tri žlijeba, a cijela je konstrukcija ožbukana debelim slojem gline koja se koristila za lončarstvo. Peć je vjerojatno imala pokrov u obliku kupole jer na to upućuje nalaz 12 c debelog obruba. Ovako izgledaju peći broj 1 i 2 nađene izvan megarona (Durman 1983, 33). Unutrašnje peći, premda su oblika sličnog rimskim lampicama, nešto su drugačije po izgledu. Njihov kljunasti dodatak nalazi se iznad poda peći te ima oblik pliće zdjelice. Dno peći je ravno, izgleda kao tava i ima 1,1 m u promjeru. Rub tave je bio debeo 20 cm i funkcija mu je vjerojatno bila da nosi kupolu peći (Durman 1983, 33). Sve se ove peći nalaze na dubini od 2,30 do 2,50 m i u tom je sloju nađena i bakrena šljaka te ostaci bakrene šipke (Durman 1983, 33). Pretpostavlja se da su kljunasti dodatci služili kao mjesta za dobivanje neke vrste propuha koji je dovodio dodatni kisik u peć (Durman 1983, 58). Osim radioničkog centra, pronađen je ostatak višenamjenskog jednodijelnog kalupa za dlijeto i plosnatu sjekiru. Ovakav je kalup (slika 29) dokaz inovativnog rješenja i racionalnog iskorištavanja gline pri izradi predmeta od metala. Dlijeto je otisnuto na bočnoj strani dok je sjekira na široj gornjoj strani. Ujedno je pronađena i jedna plosnata sjekira koja bi odgovarala ovakvom kalupu (Durman 1983, 31). Sastav ove sjekire je 99 % bakar na što je ukazala spektralna analiza koja je osim bakra mogla otkriti i prisutnost elemenata: kositra, olova, arsena, željeza, bizmuta, nikla, antimona, zlata, srebra, cinka i kobalta, a provedena je u Stuttgartu (Durman 1983, 47).



Slika 29. Dvojni kalupa za sjekiru i dlijeto
Izvor: Durman 1983.

Ovim nalazima iz stupnja B1 valjalo bi dodati i dva nalaza jezgrenika za dva listolika bodeža te nalaz dvodijelnog kalupa za dlijeto iz Sarvaša iz sloja vučedolske kulture koje je otkrio Schmidt, a Dimitrijević pripisao vučedolskoj kulturi (Durman 1983, 31).

Ovi nalazi pripadaju najranijoj fazi vučedolske metalurgije kada se još koriste oksidne i karbonatne rude, ali se i arsen polako pojavljuje krajem kasnoklasične faze.

10.3.2. Vinkovci – Tržnica

Lokalitet tipa tel koji je istraživao na mjestu Tržnica u Vinkovcima pokazao je postojanje faza naseljavanja starčevačke, vučedolske, vinkovačke te Salcuta, Lasinje i Bodgogkeresztur kulture u tragovima. Faza koja je bitna za razumijevanje metalurgije rane bronce pripada vučedolskom sloju, a radi se o naselju koje pripada fazi B2 vučedolske kulture (Durman 1983, 23). Na sjeverozapadnom dijelu lokaliteta otkopana je kuća trapeznog tlocrta čiji je duži kraj imao 9 metara, a uži 7 metara, a u čijem je prostoru bila otpadna jama. Jama je bila ukopana u zdravicu i imala je oblik vinske boce. Prvobitna namjena ove jame je bila ostava, ali je kasnija zatrpana otpadnim materijalom (Durman 1983, 24). U inventaru ostave pronađena su četiri dvojna kalupa za lijevanje sjekira s cilindričnim produžetkom (slika 30) za nasad drške, dio dvodijelnog kalupa za proizvodnju bakrene žice, jednodijelni kalup za dlijeto i dio uništenog kalupa za koji se ne zna koja mu je bila funkcija.

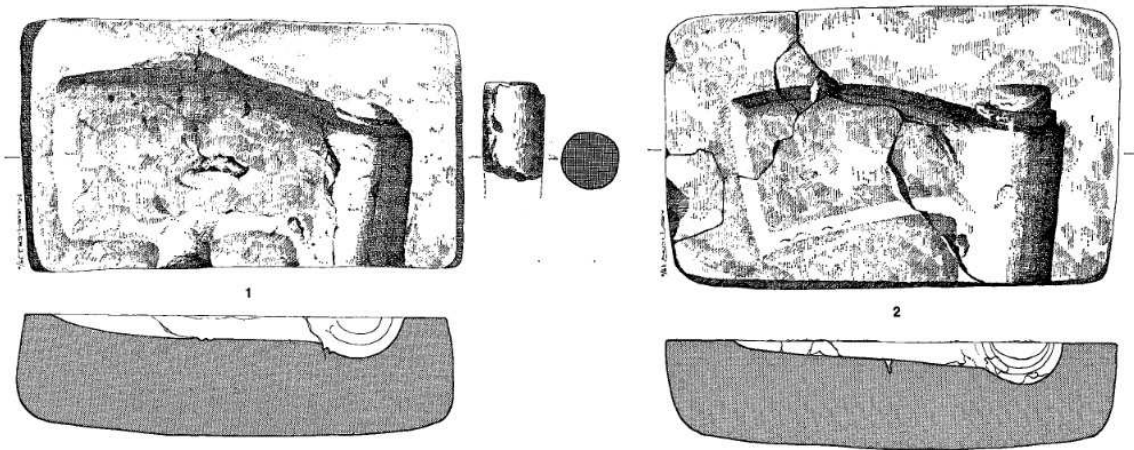
Dvodijelni kalupi
Vinkovci



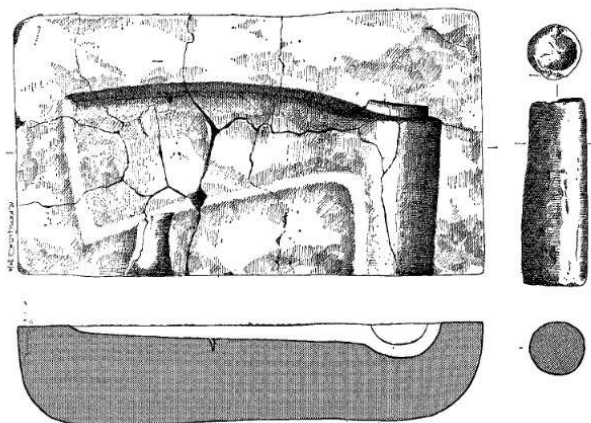
Slika 30. Dvodijelni kalupi iz Vinkovaca
Izvor: Durman 2006.

Kalupi su rađeni od gline kakva se koristila za proizvodnju keramike (Durman 1983, 24). Bili su brižljivo spremljeni u jamu, ali je ona kasnije pretvorena u otpadnu jamu kada je ostava zaboravljena (Durman 1983, 24). Ova kolekcija masivnih glinenih kalupa vjerojatno je pripadala nekom ljevaču koji je svoj zanat obavljao u blizini naselja, ali nikako u kući u kojoj je pronađena ostava jer nisu pronađeni tragovi šljake, rude ili peći (Durman 1983, 24). Dva su

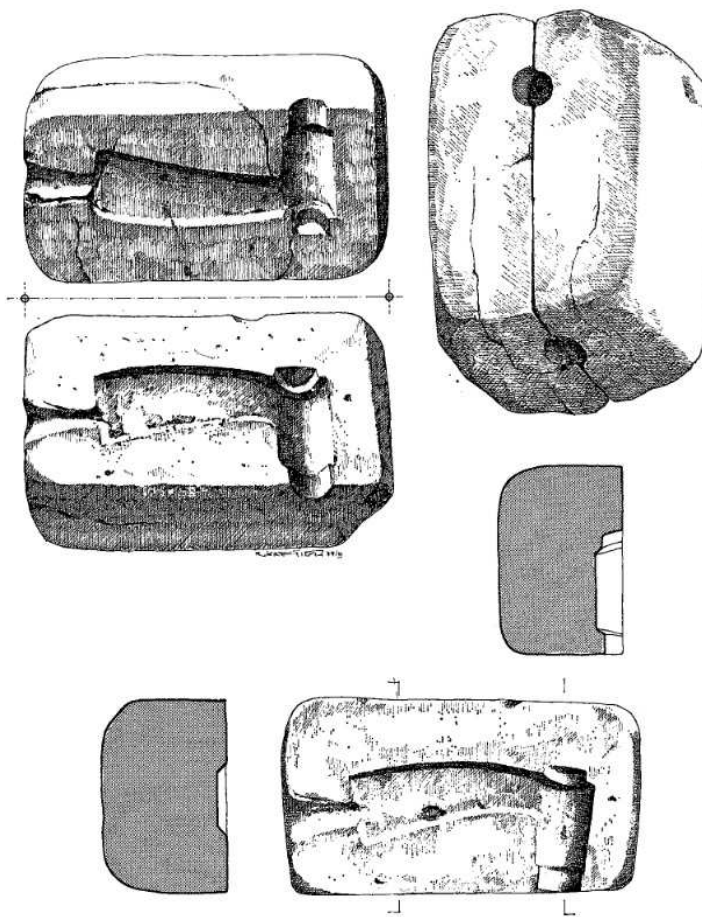
kalupa za sjekire bila oštećena nepravilnim sušenjem uslijed kojeg je došlo do pucanja kalupa (slika 30, 31, 32 i 33), a ista se stvar dogodila i kalupu za bakrenu žicu koji je pronađen u nekoliko komada. Dva su kalupa ipak bila iskorištena za lijevanje sjekire, a to se vidi po istrošenosti unutarnje plohe stijenki do koje dolazi kada se metal ili slitina tijekom hlađenja stežu te pritišće stijenke kalupa koje se troše (Durman 1983, 24). Kalup za dlijeto također nije bio iskorišten u lijevanju jer je pretrpio kritična oštećenja tijekom procesa izrade. Na temelju ostataka razbijene keramike nađenih u jami, ova se ostava datira u fazu B2 vučedolske kulture, to jest u kasnoklasični period (Durman 1983, 24). Ovi kalupi dokazuju postojanje metalurškog radioničkog centra u fazi B2 vučedolske kulture na području Vinkovaca te serijski način proizvodnje bakrenih predmeta (Durman 1983, 24).



Slika 31. Dvodijelni kalupi iz Vinkovaca
Izvor: Durman 2006.



Slika 32. Dvodijelni kalup iz Vinkovaca
Izvor: Durman 1983.



Slika 33. Dvodijelni kalupi iz Vinkovaca
Izvor: Durman 1983.

Povećanom potrebom za metalnim predmetima te trošenjem karbonatnih i oksidnih ležišta ruda u okolici svojih naselja krajem kasnoklasične B2 i početkom kasne faze C, dio nositelja vučedolske kulture se seli na nova područja u blizini novih rudnih ležišta. Ova nova naselja velikom su većinom izvan prostora današnje Hrvatske i radi se o bosansko-hercegovačkim gradinskim naseljima te slovenskom sojeničkom naselju Ljubljansko barje (Durman 1983, 32). Ova su naselja odigrala ključnu ulogu u daljnjem razvoju metalurgije rane bronce jer se upravo na ovim područjima događaju tehničke inovacije i upotreba ruda bogatih arsenom, a kasnije i halkopiritnih ruda koje zbog nedostatka arsena zahtijevaju dodatak kositra da bi se postigla legura koja je kvalitetom bila slična arsenskoj bronci. Upravo su male udaljenosti između ležišta bakra i kositra u neposrednoj blizini hrvatskog prostora dale polet metalurzima vučedolske kulture koji kasnije ta znanja prenose u ranobrončani period.

10.3.3 Ostave vučedolske kulture na hrvatskom prostoru

Metalurške se ostave po prvi put javljaju na našem prostoru u okviru vučedolske kulture. Razlog tome je serijska proizvodnja predmeta koja je omogućila veliku proizvodnju metalnih predmeta, ali i veliku potražnju za sirovinama. Sirovina, u ovom slučaju metal, bila je proizvod rudara koji nije nužno morao biti blizu ljevača pa je tako došlo do potrebe za ingotom – poluproizvodom namijenjenom krajnjem korisniku – ljevaču (Durman 1983, 38). Ostave tvore metalni predmeti i kalupi za lijevanje putujućih ljevača ili majstora pojedinog. Dobar dio ovog materijala analiziran je u Stuttgartu spektralnom analizom te su dobivene vrijednosti sastava metala koji osim bakra sadrži i druge elemente prikazane u tablicama (Durman 1983, 46). Ostave u Hrvatskoj koje se mogu pripisati vučedolskoj kulturi su: Brekinska, Topolje i Borinci.

Nedaleko od Lipika i Pakraca nalazi se naselje Brekinska u kojem je 1872. godine na mjestu oranice Graovište pronađena velika ostava bakrenih predmeta. Do slučajnog nalaza došlo je povlačenjem pluga kroz njivu te je tom prigodom ostava malo oštećena. Inventar ostave sačinjavalo je po procjeni 45 do 50 sjekira s cilindričnim produžetkom za nasad drške (Brunšmid 1902, 41; Durman 1983, 39). Predmeti iz ostave brzo su razgrabljeni s ciljem pretapljanja te su poslani u Samobor, ali je jedan dio sjekira spašen (slika 34) i završile su u Arheološkom muzeju u Zagrebu.



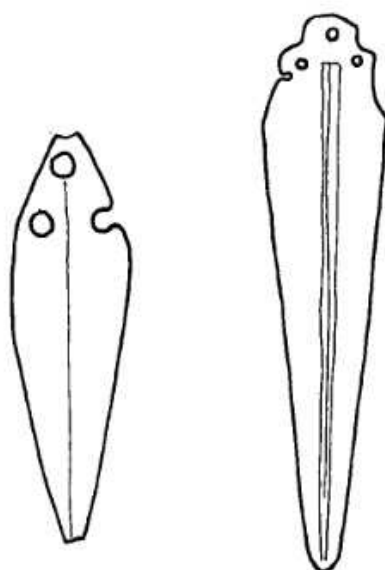
Slika 34. Ostava iz Brekinske
Izvor: Durman 2006.

Ukupno je spašeno dvadeset devet sjekira i dio jedne razbijene sjekire (Durman 1983,40). Sjekire nisu bile u upotrebi, a izlivenne su iz kalupa od istog prototipa. Ove sjekire nastaju primjenom metode lijevanja u dvojne kalupe (Durman 1983, 39). Faktura sjekira ukazuje na kvalitetno lijevanje, a ostaci neizbrušenih priljevaka jasno ukazuju na upotrebu dvojnih kalupa. Težina sjekira varira od 925 do 960 grama, što je posljedica neznatnih razlika debljina sjekira i nejednakog slijevanja bakra u prazninu kalupa koja formira oštricu sjekire (Durman 1983,40). Sjekire su 17,3 cm duge, duljina oštrica je 6,5 cm dok je visina cilindričnog nastavka za nasad drška 4,1 centimetar (Durman 1983,40). Spektralna analiza sjekira iz ove ostave te dva amorfna dijela donosi sljedeće rezultate:

Brekinska	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Fe
1	0	0,12	0	0,1	0,71	0,018	0,008	trag	0	trag
2	0	0,12	0	0,2	0,45	0	0,013	0	0	0
3	0	0,12	0	0,065	0,5	0,02	0,006	0	0	0
4	0	0,17	0	0	0,19	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,	0	0	0	0	0
6	0	0,4	0	0	0,3	0	0,025	0	0	0
7	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
9	0	0,14	0	0,13	0,3	trag	0,013	0	0	0
10	0	0	0	0	0,19	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0,19	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0,25	0,3	0	0	0	0	0
13	0	0,21	0	0,2	0,5	0	0,05	0	0	0
14	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0,28	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
17	0	0,21	0	0	0,22	0	0	0	0	0
18	0	0,13	0	0,22	0,42	0	trag	0	0	0
19	0	0,14	0	0,21	0,49	0	0,04	0	0	0
20	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0,23	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0,23	0	0	0	0	0
24	0	0,22	0	0	0,4	0	0,05	0	0	0
25	0	0	0	0	0,42	0	trag	0	0	0
26	0	0	0	0	0,26	0	0	0	0	0
27	0	trag	0	0	0,5	0	0,03	0	0	0
28	0	0	0	0	0,23	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0,6	0,3	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0,18	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0,24	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0,22	0,52	0,046	0,019	0	0	0
dio 1	7	0,2	0,6	0,6	0,035	0,18	0,04	0	0	0
dio 2	0,5	0,2	0,5	0,50	0,43	0	0,28	0	0,04	0,1

Bakar nije uračunat u prikaz u tablicama jer mu je koncentracija veća od 90%. Za dva amorfna komada sjekire (dio 1 i 2 u tablici) Durman smatra da su nastali u kasnijem razdoblju te da su slučajno dodani zbirci u Samoboru. Iz sastava je vidljivo da pripadaju vremenu brončanog doba, to jest razdoblju nakon vučedolske kulture (Durman 1983,48).

Iz slučajnog nalaza (slika 35) iz Topolja kraj Knina 1928. godine u Arheološki muzej u Splitu i Muzej hrvatskih arheoloških spomenika u Splitu poslani su po dvije sjekire s cilindričnim produžetkom za nasad drška (Durman 1983, 42).



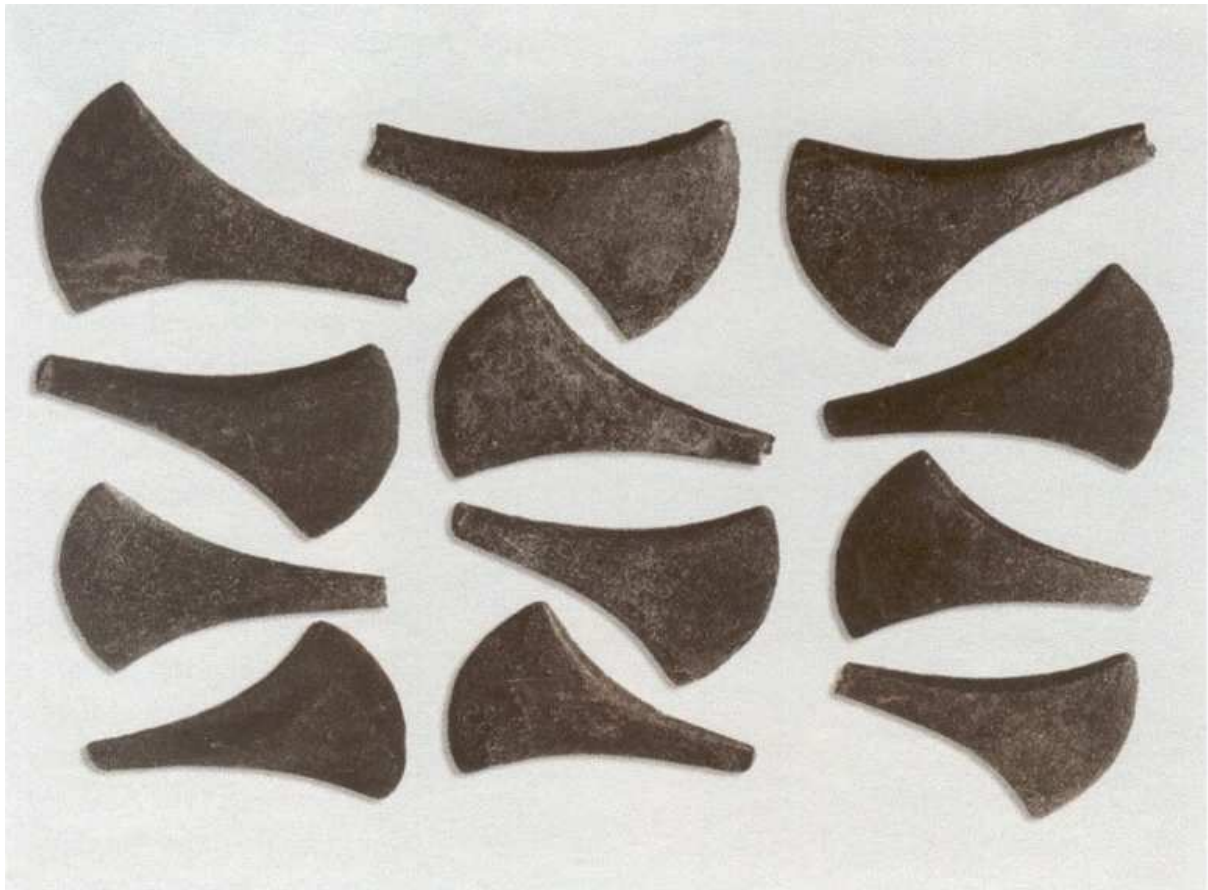
Slika 35. Nalazi iz Topolja i Lovasa
Izvor: Durman 1983.

Ujedno je u Muzej hrvatskih arheoloških spomenika poslan i mali bareni bodež. Dimenzije prve dvije sjekire su 11,4 cm duljine, širine oštrice 4,3 cm te 2,1 cm promjera cilindričnog otvora (Durman 1983, 42,49). Spektralna analiza pokazuje sljedeće vrijednosti sastava sjekira iz Arheološkog muzeja Split

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Fe
1	0	0,24	0	0,37	0,11	0	0,018	0	0	0
2	0	0	0	0	0,55	0	0	0	0	0

Druge dvije sjekire su 10,5 cm duge, širine oštrice 4,2 – 4,5 cm i promjera cilindričnog otvora 2,2 – 2,5 cm (Durman 1983, 42). Bakreni je bodež dužine 8,6 cm, a sredinom bodeža se proteže rebro koje se pri vrhu stanjuje. Na donjem se dijelu nalaze tri rupe za nasad drške (Durman 1983, 42). Okolnosti nalaza ovog bodeža do danas su nepoznate te se ne može sa sigurnošću povezati njegovu genezu s prostorom šire vučedolske kulture (Durman 1983, 45). Najbliže analogije ovom bodežu su nalazi iz Male grude i egejskog prostora (Durman 1983, 45).

Ostava iz Borinaca kraj Vinkovaca otkrivena je 1933. godine te je sadržavala četrdeset lepezastih sjekira (slika 36). Nažalost, danas je sačuvano samo dvadeset pet sjekira od kojih su po tri u muzejima u Somboru, Beogradu i Zagrebu, dok je šesnaest sjekira sačuvano u Gradskom muzeju Vinkovci (Durman 1983, 43).



Slika 36. Ostava iz Borinaca
Izvor: Durman 2006.

Sjekire koje se čuvaju u Vinkovcima su sve sličnih dimenzija 12,4 x 9,3 cm te iste debljine od 0,9 – 1 cm. Samo jedna sjekira odudara debljinom i vjerojatno je izlivena u

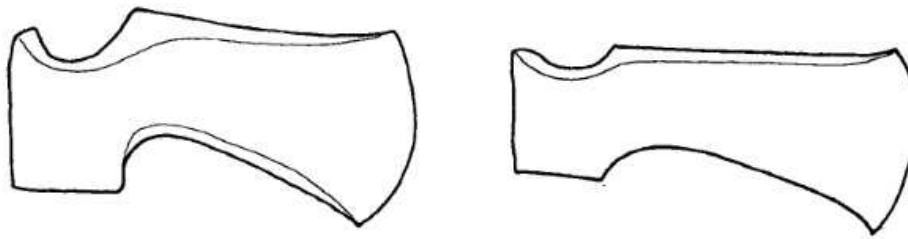
jednodijelnom kalupu (Durman 1983, 43). Tri sjekire iz zagrebačkog muzeja također imaju slične dimenzije kao gore spomenute sjekire iz Vinkovaca (Durman 1983, 43).

Spektralna analiza ovih 12 sjekira pokazuje sljedeće vrijednosti:

Borinci	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Fe
1	0	0	0	0	0,32	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0,12	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,14	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0
7	0	0	0	trag	0,35	trag	0	0	0	trag
8	0	trag	0	trg	0,34	trag	0	0	0	0
9	0	0	0	trag	0,27	trag	0	0	0	0
10	0	trag	0	trag	0,48	trag	trag	0	0	0
11	0	trag	0	0,34	0,44	trag	0,014	0	0	0
12	0	0	0	0	0,32	trag	0	0	0	0

Zanimljivost i važnost ovih ostava s lepezastim sjekirama u Hrvatskoj jest da pokazuju kako su sve lijevane u dvodijelnim kalupima tijekom faze B, dok su sjekire toga tipa, primjerice u Bosni, lijevane u jednodijelne kalupe tijekom faze C. Ovo upućuje na to da se radi o većim količinama rude, metala i pojavama proto-ingota. Razlog takvom shvaćanju leži u činjenici da nalaz iz Borinaca potječe iz B1 faze vučedolske kulture dok bosanska nalazišta poznaju samo kasnu C fazu vučedolske kulture. U toj se fazi javlja povećana proizvodnja i potražnja za proizvodima od metala te se javlja potreba za transportom poluproizvoda – ingota, ali se koriste i rude koje osim bakra sadrže i arsen – sinjavci (Durman 1983, 44).

Također postoje pojedinačni nalazi sjekira na hrvatskom prostoru. Prvenstveno se to odnosi na nalaze plosnatih sjekira iz Vučedola te sjekira s cilindričnim produžetkom za nasad drška iz Vukovara – Vinograd Vuića (slika 37), Vukovara – Dobre Vode, Lukova kraj Senja, Očura kraj Ivanca, nalaz iz Sotina, Sarvaša te jedna sjekira iz nepoznatog nalazišta srednje Dalmacije (Brunšmid 1902, 56; Durman 1983, 44).



Slika 37. Sjekire iz Vinograda Vuića i Dobre Vode
Izvor: Durman 1983.

Spektralna analiza ovih predmeta pokazuje da im je osim bakra sastav sljedeći:

Mjesto	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Fe
Vučedol	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
Vinograd	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,09
Dobra voda	0	0	0,56	0	0,018	0	0	0	0	0
Sotin	0	0	0	0	0,015	0	0	0	0	0

Sjekira iz Sotina s cilindričnim produžetkom za nasad drška te keramički kalupi za takve sjekire pronađeni u Vinkovcima mogli bi tvoriti cjelinu jer pripadaju istom periodu te su najstariji nalazi toga tipa unutar vučedolske kulture. Svi kasniji nalazi toga tipa sjekira i kalupa koji su potekli iz Slavonije mlađeg su datuma i nađeni su na širem prostoru vučedolskog kompleksa, a katkad i izvan njega te se njihovom pojavom na tim mjestima može očitati smjer širenja kasnije vučedolske kulture (Durman 1983, 62).

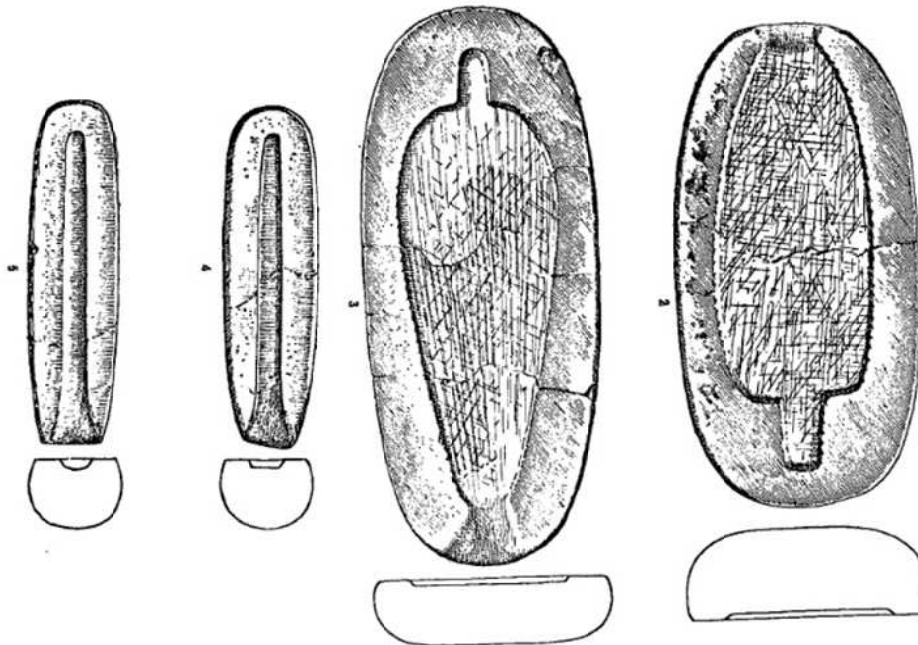
Spomenuta sjekira iz srednje Dalmacije pripada Baniabic tipu sjekire koja dosad nije nađena u sklopu inventara vučedolske kulture, dok ostale sjekire pripadaju tipu sjekire s jednom oštricom i rupom za nasad (Durman 1983, 43). Spektralna analiza Baniabic sjekire iz Dalmacije daje sljedeće rezultate:

Mjesto	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Fe
Dalmacija	0	0,9	0,52	0	0,1	0,1	0	0	0	0

U Arheološkom muzeju u Zagrebu čuvaju se četiri tanke plosnate sjekire koje pripadaju vučedolskoj kulturi, a nađene su kao pojedinačni nalazi u Sotinu, Oroliku, Boboti i Kutjevu (Durman 1983, 52). Oblikom podsjećaju na skoro pravilan pravokutnik, a posebne su po jako maloj debljini od samo 3 mm u presjeku. Rezultati spektralne analize ovih četiriju sjekira su prikazani u tablici.

Mjesto	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Fe
Sotin	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0
Orolik	0	0	0,52	0	0	0	0	0	0	0
Bobota	0	0	2,4	0	0,046	0	0,003	0	0	0
Kutjevo 1	0	0	0,066	0	0	0	0	0	0	0
Kutjevo 2	0	0	0,098	0	0,095	0	0	0	0	0

Nalaze iz Sarvaša (slika 38) čine dva jezgrenika za dva različita listolika bodeža i dvodijelni kalup za dljeto. Ove je nalaze Schmidt pripisivao badenskoj kulturi, ali ih je Dimitrijević svrstao u vučedolsku kulturu jer su bili ukopani u vučedolsku otpadnu jamu unutar badenskog sloja (Durman 1983, 31).



Slika 38. Kalupi iz Sarvaša
Izvor: Durman 1983.

Gledajući analize predmeta vučedolske kulture pronađenih na prostoru Hrvatske, može se doći do nekoliko zaključaka. Prvi je da svi primjerci, osim dva amorfna komada pripisani brekinskoj ostavi, ne sadrže kositar te da su ti predmeti nastali prije upotrebe prave bronce. Kod predmeta koji velikom većinom sadrže samo bakar ili bakar s dodatkom srebra i ostalih elemenata u tragovima možemo zaključiti da su ti predmeti nastali od oksidnih ruda ili samorodnog bakra i da im se izvorište može tražiti na hrvatskom prostoru. Predmeti koji sadrže antimon, olovo i arsen u pravilu su vjerojatno došli iz rudnih izvora s bosanskog područja koji sadrži sulfidne rude te ukazuju na smjer širenja vučedolske kulture u periodu B2/C1. Takvi predmeti u pravilu dolaze od arsenkih ruda sinjevaca koje sadrže arsen ili antimon, a takve se rude mogu naći južno od Save te su importirane na hrvatski prostor (Durman 1983, 52). Sjekire iz Sotina, Orolika, Bobote i Kutjeva sadrže arsen u dovoljnom omjeru da bitno utječe na kvalitetu slitine i tu se radi o pravoj arsenskoj bronci. Sirovina za ove predmete također je vjerojatno proizašla iz bosanskih rudnih ležišta te je transportirana i na sjever (Durman 1983, 55). Baniabic sjekira nađena u Dalmaciji također sadrži arsen, ali i olovo te se smatra importom iz istočnih prostora jer se takve sjekire ne nalaze u inventaru vučedolske kulture (Durman 1983, 56).

Upotrebom sulfidnih ruda prvi je put omogućena proizvodnja velikih količina metalnih predmeta koji su snabdijevali vučedolsku populaciju alatima neophodnim za život i širenje teritorija. Pošto su izvori bakra samorodnog i oksidnog karaktera brzo bili potrošeni ili postali neadekvatni, bilo je potrebno preći na novi tehnološki proces obrade rude sulfidnog podrijetla te je taj korak, za sobom povlačeći dio etnika da se trajno naseli na novim rudonosnim područjima, otvorio novo poglavlje u povijesti metalurgije i uveo ovaj prostor u početak ranoga brončanog doba s upotrebom arsenske bronce. Prateći pojave ostava vučedolske kulture i ostava koje sadrže elemente vučedolske kulture, dobiva se uvid u areal rasprostiranja vučedolske kulture i njezinog utjecaja. Tako se kultura u jednom trenutku rasprostire od Akvileje na zapadu do istoka prema Vučedolu. Prodor na Jadran se očituje po nalazima u Bosni kao što su Griča (slika 39), Vranović i Kozarac te jadranski nalazi iz Topolja i Velike i Male gruda u Crnoj Gori. Prema jugoistoku, kultura je u jednom trenutku došla do lokaliteta Sitagroi te Herkulone kod Soluna, a blizu je i pomorski prolaz koji vodi u Malu Aziju prema Troji. Na taj je način vučedolska kultura spojila Podunavlje, Jadran i sjeverni dio Egejskog mora te prenijela znanje i tehnologiju o arsenskoj bronci, a na njezinoj je tradiciji kasnije nastala prva industrija prave bronce. Predmet koji se najviše izdvaja kod

svih tih mjesta je vučedolska sjekira s cilindričnom rupom za nasad drška koja je prozvana *vučedolskom bojnom sjekirom* (Durman 2006, 67).



Slika 39. Ostava iz Griče i nalaz iz Vranovića
Izvor: Durman 2006.

10.4. Vinkovačka kultura

Kultura koja je svojevrsni baštinik vučedolske tehnologije, prostora i kulturnih elemenata na hrvatskom prostoru je vinkovačka kultura. Ovu je kulturu kao samostalnu pojavu izdvojio i kronološki odredio Stojan Dimitrijević 1962. godine na temelju istraživanja na eponimnom lokalitetu Vinkovci – Tržnica (Hirschler et al. 2009, 142). Na postojanje slične manifestacije na prostoru zapadne Srbije¹⁵ ukazao je još 1959. godine bračni par Garašanin, a na prostoru Transdanubije je još 1965. g. I. Bóna sakupljene nalaze objavio kao dio Somogyvár grupe (Hirschler et al. 2009, 142). Zbog ovoga su se dugo u raznoj literaturi pojavljivali različiti nazivi: vinkovačka grupa/kultura, Somogyvár grupa te složenice ovih naziva. Naposljetku su vinkovačka i Somogyvár grupa spojene u jedan naziv: Vinkovci – Somogyvár kompleks zbog nepostojanja bitnih razlika u arheološkim nalazima tih dviju pojava (Dimitrijević 1982, 22; Hirschler et al. 2009, 142).

Rasprostranjenost ove kulture na temelju sustavnih arheoloških, ali i slučajnih nalaza, seže od jugoistočnih obronaka Alpi i donje Austrije preko okolice Nežiderskog jezera, prostora oko Blatnog jezera, sjeverozapadne Transdanubije s prostorom oko Győra, sjeverozapadne Hrvatske, Slavonije, Baranje, Srijema, srpskog i rumunjskog Banata te sjevernog dijela Bosne (Hirschler et al. 2009, 143). Najveća gustoća nalazišta može se primijetiti u okolici četiri centra: Vinkovaca, Pečuha, Blatnog jezera i Győra (Hirschler et al. 2009, 143).

Smatra se da je vinkovačka kultura nastala na kasnoklasičnom supstratu vučedolske kulture te da je bitnu ulogu u formiranju odigrao južnobalkanski ili centralnobalkanski element (Dimitrijević 1982, 26). Svojim širenjem na sjever, istok, zapad i jug, vučedolska kultura ostavlja matično područje istočne Slavonije i Srijema s prorijeđenom populacijom na koju tada utječe južnobalkanski ili centralnobalkanski element (Dimitrijević 1982, 36). Također se smatra da je vinkovačka kultura dijelom suvremena najkasnijoj C fazi vučedolske kulture (Hirschler et al. 2009, 143). Vinkovačka se kultura na lokalitetu Vinkovci – Tržnica javlja nakon vučedolskog B2 horizonta te je ta faza koja slijedi određena kao A faza vinkovačke kulture (Dimitrijević 1982, 16). Vinkovačka kultura traje kroz rano brončano doba te ju na prijelazu u srednje brončano doba zamjenjuje slavonsko-srijemska varijanta

¹⁵ Grupa Belotić – Bela Crkva

vatinske kulture (Ložnjak 2001, 33), no taj je prijelaz još nejasan zbog slabe istraženosti (Hirschler et al. 2009, 144).

Dimitrijević dijeli vinkovačku kulturu na stariju A fazu i na mlađu B fazu. Mlađa faza se još dijeli na B1 i B2 stupanj (Dimitrijević 1982, 16,32). Početak ove kulture se prije smatrao oko 2000 – 1800. g. pr. n. e. dok se za kraj kulture uzimao period od 1700 – 1650. g. pr. n. e. (Hirschler et al. 2009, 144). No to je bilo prevladavajuće mišljenje u starijoj literaturi dok se novim istraživanjima i radiokarbonskim mjerenjem uzoraka s nalazišta vinkovačke kulture, kao što su Vinkovci i Josipovac Punitovački – Veliko Polje (Hirschler et al. 2009, 145), pokazalo drukčije. Tako se za vinkovačke uzorke dobivene 1986. i 2006. godine daju datumi od 2470 – 2040 Cal BC i 2405 – 2305 Cal BC (Kalafatić 2006, 19) dok dva uzorka vinkovačkih jama uzetih s Josipovca Punitovačkog – Veliko Polje daju datume od 2481 – 2308 Cal BC i 2460 – 2150 Cal BC (Hirschler et al. 2009, 145). Koristeći ove datume može se konstatirati da vučedolska kultura prestaje oko 2400. g. pr. n. e. te da na njenim naseljima i tradiciji svoj život počinje vinkovačka kultura koja traje do otprilike 1800/1700. g. pr. n. e. (Hirschler et al. 2009, 145).

Vinkovačka kultura uglavnom gradi i smješta svoja naselja na mjestima koja koriste povišenja uz riječne tokove ili koriste prirodne obrambene linije potoka i rijeka, ali i tel i sojenička naselja (Marković 1993, 121). Ujedno grade naselja na mjestima okupacije prijašnjih kultura kao što su Vučedol, Vinkovci, Sarvaš, Gradina u Oroliku, Stari Jankovci i Josipovac Punitovački (Hirschler et al. 2009, 146). Razlog podizanja naselja na povišenim ili gradinskim mjestima jest povećana potreba za obranom, to jest lakšim branjenjem naselja i stanovništva (Garašanin 1983, 472). Za razliku od vučedolske kulture, vinkovačka kultura češće koristi zemunice i manje nadzemne objekte, no ipak postoje i ostaci većih objekata dok sami ostaci naselja imaju tanke nasebinske slojeve (Hirschler et al. 2009, 146). Pretpostavlja se da je ovakva "degeneracija" u gradnji odraz nomadskog elementa i izražene mobilnosti ove kulture i populacije (Hirschler et al. 2009, 146).

Pokopi unutar Vinkovci – Somogyvár kompleksa mogu se podijeliti na one paljevinske i one inhumacijske. Kod paljevinskog rituala ostaci su stavljeni u urne. O ovoj činjenici govore nalazi obje vrste grobova iz oštećene nekropole u Belegišu (Garašanin 1983, 473) i nalazi paljevinskih grobova u Vinkovcima u Dugoj ulici (Kalafatić 2006, 17 – 28).

O metalurškoj djelatnosti vinkovačke kulture malo se toga zna, ali se sa sigurnošću može govoriti da je to prva kultura na hrvatskom prostoru koja koristi pravu broncu, odnosno slitinu bakra i kositra koja je vjerojatno plod samostalne proizvodnje.

U sloju koji dijeli vučedolsku B2 fazu od vinkovačke A faze, pronađena su četiri predmeta od kojih bi jedan sasvim sigurno mogao pripadati vinkovačkoj kulturi (Durman 2006, 78). Četiri pronađena predmeta čine amorfni komad lijeva – ostatak lijevanja, šilo, štapić zašiljen s obje strane i tanka pločica (Durman 1997, 12). Spektralna analiza tih predmeta pokazala je da je sastav predmeta sljedeći:

¹⁶	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Cu	Bi	Au	Zn	Fe
1	0,048	2,4	0,472	0	0,39	94,934	0	-	0,475	2,199
2	0,024	1,112	0	0,125	0,045	97,569	0	-	0,264	0,848
3	0,039	0,538	0,183	0	0,044	89,074	0,003	-	0,23	9,525
4	7,23	0,281	0	0,203	0	88,501	0	-	0,282	3,433

Iz prikazanog se vidi da je slitina u pitanju bitno drugačija od slitina korištenih u prijašnjim kulturama. Prvo što se zapaža je neobično velik postotak željeza u predmetima te dodatak kositra u metalu. Upravo taj kositar čini ovu slitinu pravom bronom (Durman 1997, 12). Ovi su predmeti djelo metalurga koji je pokušavao izvući metal iz halkopiritnih ruda, koje osim bakra sadrže i veliki postotak željeza, ali i drugih primjesa. Pri odvajanju željeza iz rude, to jest tijekom taljenja nužno je bilo koristiti nekakav fluks, najvjerojatnije kvarcni pijesak da bi se cijeli proces taljenja bolje odvio te da se odstrani željezo (Durman 1997, 12). Osim nove tehnologije koja je zahtijevala novi tehnološki postupak, već prije opisan, počinje se koristiti i kositar kao nadomjestak za arsen u slitini (Durman 1997, 12). Sam bakar dobiven iz rude je bio mekan i nepodoban za daljnji rad te je metalurg pokušavao postići fizičke osobine slitine slične arsenskoj bronci, ali s obzirom na to da nije mogao dodavati arsen u rudu, dodavao je kositar koji je kasnije s vremenom potpuno zamijenio otrovni arsen (Durman 1997, 12). Predmet koji je pripisan vinkovačkom sloju pokazuje da je postotak kositra u bronci već prešao 7 %, dok je razina željeza ispod kritičnih 4 % iznad kojeg željezo svojim udjelom negativno utječe na karakteristike dobivene bronce.

Pretpostavka je da je kositar za ove predmete došao s planine Bukulja ili Cera u zapadnoj Srbiji u čijoj se neposrednoj blizini nalaze i halkopiritni rudnici (Durman 1997, 9 – 12).

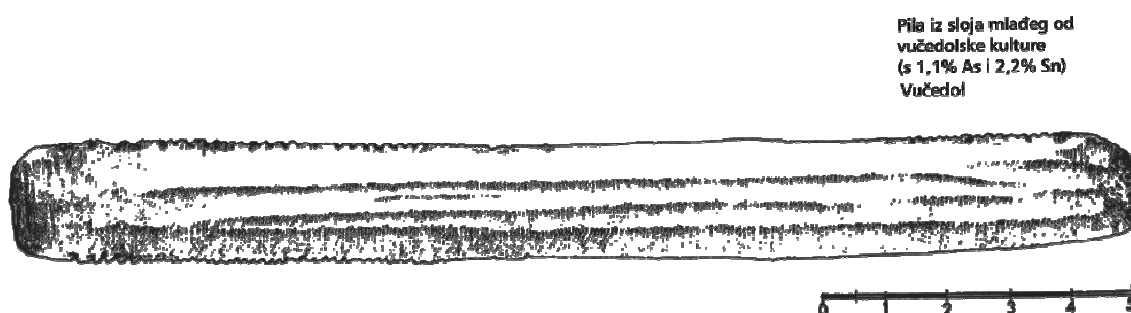
¹⁶1 – amorfni ostatak; 2 – šilo; 3 – štapić; 4 – tanka pločica

Iz Lovasa je poznat nalaz bodeža koji svojim sastavom pokazuje odlike prave bronce. Sastav predmeta je sljedeći:

Mjesto	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Au	Zn	Fe
Lovas	10	0	0,31	0	0,01	0,38	0,032	0	0	trag

Sastav pokazuje da je predmet načinjen od slitine koja osim bakra ima i 10 % kositra te je željezo uspješno reducirano, što pokazuje uspješno ovladavanje tehnološkim procesom proizvodnje prave bronce. Ovaj se predmet vjerojatno može vezati uz vinkovački kulturni kompleks (Durman 1983, 52).

Još je među nalazima vučedolske kulture na Vučedolu uočeno da su ostaci rogova iz otpadnih jama bili prepiljeni, no pile iz vremena vučedolske kulture nisu pronađene, a ni njihovi kalupi. No pronađena je pila iz vinkovačkog sloja na Vučedolu koja je otkrivena 1984. godine (slika 40) (Durman 2006, 60). Radi se o sitno nazubljenoj pili duljine 18,3 cm i širine 1,9 cm, a u njezinom sastavu je osim bakra pronađeno 1,1 % arsena i 2,2 % kositra (Durman 2006, 60). Svi ovi nalazi pokazuju da je tijekom vinkovačke kulture ovladano umijeće proizvodnje prave bronce te da je vinkovačka kultura prava kultura koja pripada ranome brončanom dobu.



Slika 40. Vinkovačka pila
Izvor: Durman 2006.

Dimitrijević također spominje dva nalaza brončanih sjekira s vinkovačkog područja, ali osim ovog podatka nema drugih saznanja kao što su kemijski sastav i okolnosti nalaza. Nalazi su prije bili dio zbirke poznatog vinkovačkog amaterskog muzeologa i prijatelja starina, Mate Medvedovića (Dimitrijević 1979, 140; Ložnjak 2001, 33).

10.5. Cetinska kultura

Na prostoru srednjeg Jadrana, Dalmatinske zagore i dijelova zapadne Hercegovine početkom ranoga brončanog doba formira se cetinska kultura. Ime je dobila po rijeci Cetini oko koje su pronađeni nalazi i grobovi koji su pripisani novootkrivenoj kulturi (Majnarić-Pandžić 1998, 173). Ova kultura je praktički bila neotkrivena sve do 1953/1954. godine kada Ivan Marović počinje vršiti sustavna istraživanja u cetinskom kraju (Marović i Čović 1983, 191). Uz pomoć nalaza iz kamenih gomila upotpunjuje sliku i nalaze veže uz otprije poznate nalaze iz Dalmacije¹⁷ i Bosne¹⁸ te novo otkrivenu kulturnu manifestaciju naziva cetinskom kulturom (Marović i Čović 1983, 191). Istraživanja su se nastavila 1966., 1968., 1973., 1974. te kasnije 1990-ih godina pod vodstvom Ivana Marovića.

Cetinska se kultura primarno prostirala na i oko područja rijeke Cetine, njenim punim tokom od izvora do ušća te se tu od Dalmatinske zagore njeno područje širenja može pratiti na sav okolni prostor (Marović i Čović 1983, 192). Krajnja sjeverna/sjeveroistočna točka cetinskog prostora bili bi nalazi iz Kotorca u Sarajevskom polju i Glasinca u Bosni. Istočna granica do koje se može pratiti cetinska kultura je prostor okolice Trebinja i Bileće, dok je jugoistočna točka rasprostiranja spilja Gudnja na pelješkom poluotoku. Otok Hvar je najjužnija točka rasprostiranja s lokalitetima Markova i Grapčeva spilja. Jugozapadno je kultura dospjela do šibenskog kraja s nalazima iz Škarin samograda i Stubica dok je najzapadnija točka rasprostiranja nalaz iz Ervenika u Ravnim kotarima i Vrsi kraj Nina (Marović i Čović 1983, 192). Treba imati na umu da cijeli ovaj prostor nije bio zaposjednut u svim fazama kulture te da je još veliki dio ovog prostora neistražen, a ako se uzme paralela s naseljavanjem uz rijeku Cetinu, slična se slika može očekivati i uz tok rijeke Krke te okolicama gradova Knin, Drniš i Šibenik (Marović i Čović 1983, 193).

Cetinska kultura nastaje na srednjem i kasnoeneolitičkom supstratu stanovništva koje se stapa s valovima novopridošlog stanovništva, uglavnom indoeuropskog karaktera, koji je na kraju i prevladao (Marijanović 1997, 6). Krajem eneolitika i početkom ranoga brončanog doba, utjecajem zapadnobalkanskog elemenata, nastaje cetinska kultura koja u rano brončano doba ulazi kao jasno formirana i definirana etnička zajednica s jedinstvenom kulturom, umjetničkim izražajem i prostorom rasprostiranja (Marijanović 1997, 6).

¹⁷ Ervenik, Tradan, Biskupija, Markova spilja

¹⁸ Kotorac i nalazi sa Glasinca

Cetinska se kultura okvirno smješta u period od 1800. g. pr. n. e. pa do 1550. g. pr. n. e. po apsolutnim datumima u starijoj literaturi (Marović i Čović 1983, 193) dok novija istraživanja smještaju početak prve faze ili samu prvu fazu u period od 2480. do 2140. g. pr. n. e. (Olujić 2012, 68). Ovi datumi su dobiveni radiokarbonskom analizom nakon kalibracije te se na njih može primijeniti opća kronološka podjela razvojnih faza cetinske kulture.

Čović i Marović dijele cetinsku kulturu na tri razvojne faze te njezin početak vide u prijelazu iz eneolitika u brončano doba (Marović i Čović 1983, 197), što bi bilo paralelno općoj srednjoeuropskoj podjeli bronce te bi spadalo pod Reinecke A1 fazu brončanog doba (Olujić 2012, 66). Cetinska kultura traje kroz rano brončano doba. Tri faze cetinske kulture su Cetina I, II i III.

Cetina I – najstarija faza u kojoj se još vide kasnoeneolitički elementi. Ovoj se fazi mogu pripisati nalazi gomila u okolici Vida, Rudina, Čitluka, cetinski sloj iz Škarina samograda te nalazi iz Ravlića pećine (Marović i Čović 1983, 196). Odgovara Reinecke A1.

Cetina II – ovo je srednji stupanj cetinske kulture gdje se već radi o pravoj brončanodobnoj manifestaciji te se temelji na nalazima iz srednjeg sloja Škarina samograda, naselja u pećini Stubica kraj Šibenika, Gudnja, Gradac u Kotorcu u Bosni te gomile oko izvora Cetine, Ervenika i Vrsa, Gomila kod Oraha, glasinački nalazi te nalazi iz Trebinja (Marović i Čović 1983, 197). Odgovara Reinecke A1 – A2.

Cetina III – Ovo je mlađa faza cetinske kulture te joj se pripisuje mlađi cetinski sloj iz Škarin samograda, neke gomile u okolici Cetine, Čitluka i Han – Obrovca. Općenito je zamjetan pad brojnosti nalazišta u ovoj fazi kulture. Ova faza možda jednim dijelom ulazi u srednje brončano doba te odgovara Reinecke A2, a možda i početku Reinecke B1 stupnja brončanog doba (Marović i Čović 1983, 198).

Najveći uvid u cetinsku kulturu daju nalazi grobova koji su često ukopani pod kamene humke – gomile (Majnarić-Pandžić 1998, 173) te se to dovodi u vezu s kontaktima istočnih stepskih populacija s balkanskim prostorom. Pokopi se dijele na inhumacijske i incineracijske, a sami se grobovi – gomile ne razlikuju (Marović i Čović 1983, 204).

Iako najveći broj nalaza čini keramika, koja je jako kvalitetno napravljena koristeći razne oblike posuda s tehnikama ukrašavanja kao što su urezivanje ornamenata i bijelom inkrustacijom na tamnim podlogama (Majnarić-Pandžić 1998, 173), također postoje nalazi metala, i to bronce, koja ovu kulturu stavlja u punom smislu u brončano doba.

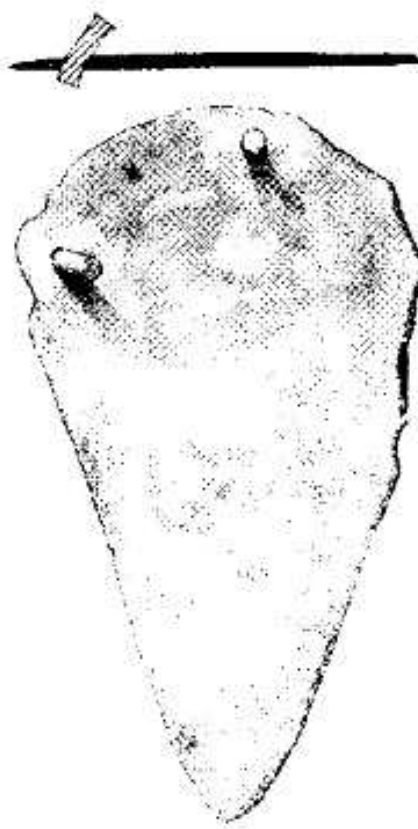
Pogrebni ritus obavljao se na način da je pokojnik u slučaju inhumacije polagan u grob u obliku škrinje u zgrčeni položaj na desni ili lijevi bok, a katkad su pokapani samo dijelovi tijela (Marović i Čović 1983, 203). Prilikom pokapanja pokojnika koji je bio kremiran, ostaci su se stavljali u posudu koja je imala funkciju urne te je postavljan otprilike u središnji dio gomile (Marović i Čović 1983, 203). Sama inhumacija i incineracija te biritualizam je odlika mnogih kulturnih grupa u brončanom dobu u podunavskom, balkanskom i jadranskom prostoru. Incineracija se najranije na Jadranu pojavljuje kao dio cetinske kulture i to od njezine najranije faze (Kukoč 2009, 51). Same gomile su bile dimenzija od 4 do 27 metara promjera, konstruirane od kamena i rijetko su imale kameni suhozidni vijenac oko perimetra same gomile (Marović i Čović 1983, 203). Prilozi u grbovima su u pravilu rijetki, a ako ih ima, metalnog su karaktera ili se radi o artefaktima od kamena ili kosti (Marović i Čović 1983, 203). Unutar jedne gomile moglo se nalaziti do četiri groba, a iznimno rijetko se unutar groba nalazi dvostruki ukop (Marović i Čović 1983, 203). Nalaz razbijene keramike oko grobova sugerira da se radilo o pogrebnim gozbama (Marović i Čović 1983, 203).

10.5.1. Brončani nalazi cetinske kulture

Prilikom spominjanja brončanih nalaza unutar cetinske kulture valja imati na umu da se uglavnom radi o nalazima priloga unutar grobova i velika većina tih nalaza je samo opisno objavljena bez provedbe odgovarajućih analiza koje bi dale odgovor o sastavu slitina i mogućem izvoru ruda te ne postoje prostorne poveznice na temelju tih podataka.

10.5.1.1. Prva faza

Kratki triangularni bodež s tri zakovice (slika 41) otkriven je unutar lokaliteta Gomila više lada (Marović i Čović 1983, 205). Ovaj bodež svojim oblikom podsjeća na gotovo jednakostranični trokut te mu je najbliža analogija sa sličnim nalazom iz Mokrina i Belotić-Šumara (Marović i Čović 1983, 205). Ovaj se nalaz može na temelju samog grobnog inventara staviti u okvire Cetina I faze, to jest u A1 fazu srednjoeuropskog brončanog doba po Reineckeu (Marović i Čović 1983, 205).



Slika 41. Triangularni bodež iz Gomile više lada
Izvor: Marović i Čović 1983.

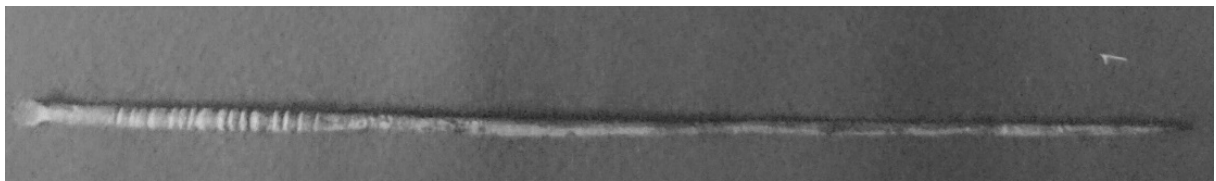
Nalaz koji također pripada ovoj fazi je nalaz brončanog lima (slika 42) iz Jukićeve gomile u blizini sela Zagvozd (Olujčić 2012, 68). To je komad ukrašenog brončanog lima širine 11 cm i debljine 0,2 cm (Olujčić 2012, 76). Ukras se sastoji od niza većih i manjih rupa u limu. Ovaj je nalaz pronađen u razini s grobom 3 iz spomenute gomile te su na temelju radiokarbonske analize gara iz groba 3 dobiveni kalibrirani datumi od 2030. do 1880. g. pr. n. e. Grob bi se mogao datirati u razvijenu prvu fazu cetinske kulture (Olujčić 2012, 68).



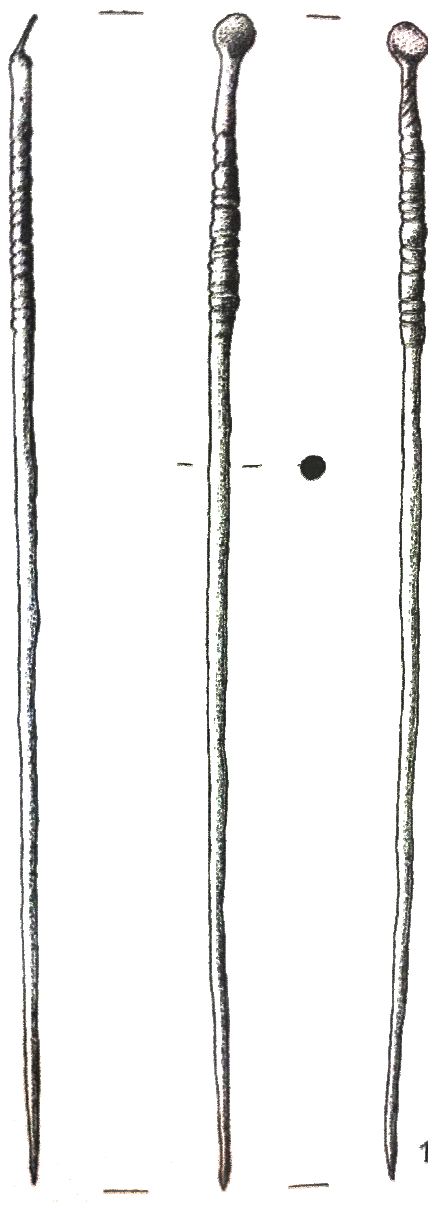
Slika 42. Brončani lim iz Jukićeve gomile
Izvor: Olujčić 2011.

Iz prapovijesnih tumula na Sridnjoj gori kraj Grabovca u Zabiokovlju dolazi nalaz brončane igle koja je pronađena unutar gomile (slika 43 i 44) (Milošević 2011, 36). Tumul je promjera 12 metara i nepravilnog je kružnog oblika. Pronađeni su ostaci ustrine i grobne jame u koju su bili položeni ostaci spaljenog pokojnika. U blizini jame je pronađena i navedena brončana igla koja je bila položena u tumul tijekom obreda pokapanja (Milošević 2011, 36). Brončana igla je dužine 14,9 cm te ima diskoidno raskovanu i nakošenu glavu. Gornja zona joj je ukrašena izmjeničnim nizom kuglastih i prstenastih zadebljanja (Milošević 2011, 35). Ova bi se igla mogla pripisati tipu *Scheibenkopfnadel*, koji se pojavljuje u različitim inačicama kroz čitavo brončano doba na širem prostoru, a najčešće na prostoru od Italije pa do središnje Europe (Milošević 2011, 36). Na temelju jednostavnog načina izvedbe ukrasa same glave igle i keramičkih ulomaka pronađenih u tumulu, ovaj se nalaz može datirati u period ranoga brončanog doba, to jest u ranu fazu cetinske kulture (Milošević 2011, 36). Analogija ovoj igli na hrvatskom prostoru bio bi sličan nalaz nešto mlađe igle koja je

datirana u period od 1530. do 1380. g. pr. n. e. radiokarbonskom analizom koštanih ostataka pokojnika iz tumula Torine u blizini Vrgorca (Milošević 2011, 36).



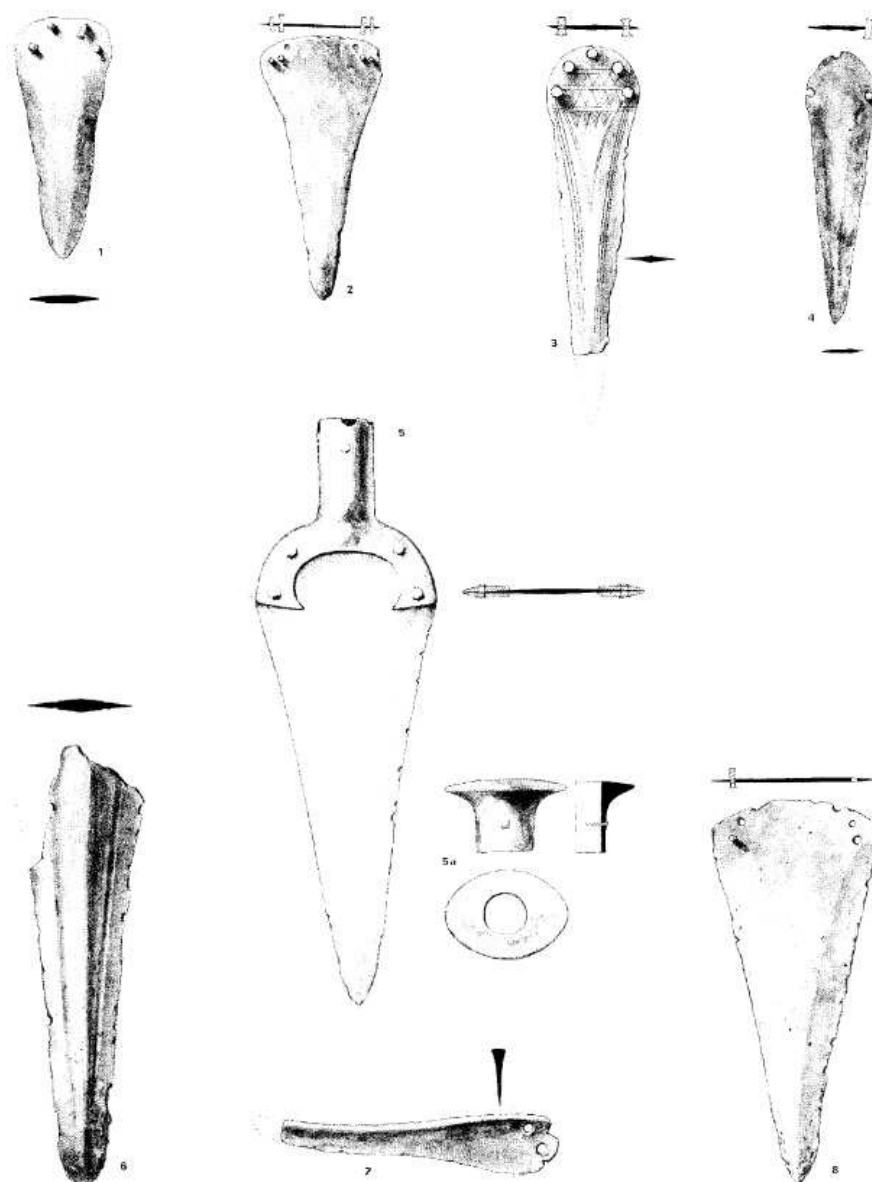
Slika 43. Brončana igla iz gomile Sridnja gora kraj Grabovca
Izvor: Olujić 2011.



Slika 44. Brončana igla iz gomile Sridnja gora kraj Grabovca
Izvor: Olujić 2011.

10.5.1.2. Druga faza

Blizu Živalja kraj Obrovca, u gomili broj 2 pronađen je brončani triangularni bodež s metalnom ručicom u dva dijela (slika 45) (Marović i Čović 1983, 205). Ovakav bodež se na temelju tipoloških osobina može pripisati italском tipu i podrijetlu (Marović i Čović 1983, 205).



Cetinska kultura (2. stupanj) – 1: Obrovac, Živalji; 2: Bitelić, tumulus 1; 3: Bajagić; 4: Glijev; 5: Obrovac, Živalji, tumulus 2; 6: Bitelić, Peniča njivica; 7: Bitulić; 8: Jukića gomila u Biteliću); R = 1:2

Slika 45. Bodeži cetinske kulture
Izvor: Marović i Čović 1983.

U gomili broj 1 u Živaljima pronađen je mali triangularni bodež (1) (Marović i Čović 1983, 205). Bodež iz gomile broj 2 može se svrstati u istu grupu nalaza iz perioda druge faze cetinske kulture koju čine bodež pronađen u Biteliću u gomili broj 1 te još tri dodatna bodeža koja su pronađena u okolici Bitelića, Sinja i Bajagića (Marović i Čović 1983, 205). Gomila broj 1 jedna je od sedam gomila blizu sela Bitelić koje se protežu u smjeru sjever – jug (Marović 1991,176). Gomila je imala promjer 14 m i bila je napravljena od nabacanog kamena manjih dimenzija. Od dvadeset sedam grobova pronađenih na gomili, samo su dva pripadala periodu brončanog doba dok su ostali iz srednjeg vijeka (Marović 1991,177). Grobovi 15 i 17 s ove gomile pripadaju brončanom dobu. Grob 15 je sadržavao koštane ostatke djeteta te je u ovom grobu pronađen triangularni bodež. Grob 17 je bio ispod groba 15, sadržavao je ostatke odrasle osobe, ali bez metalnih priloga (Marović 1991,177). Ovi se bodeži (Slika 45: 2,3,5,6,8) danas čuvaju u Muzeju Cetinske krajine i Franjevačkom muzeju u Sinju. Svi ovi nalazi mogu se svrstati u drugu fazu cetinske kulture (Reinecke A1 – A2) (Marović i Čović 1983, 205).

Iz nepoznate gomile iz okolice Bitelića potječe brončano sječivo koje je po svoj prilici nož (7) (Marović i Čović 1983, 206). Osim sječiva sačuvane su i dvije metalne zakovice. Marović i Čović navode da su najbliža analogija ovakvom sječivu dva sječiva sa srpskog prostora koja se dalje dovode u vezu s nalazom istovjetnog sječiva iz groba 25 iz Seskla (Marović i Čović 1983, 206). Ovakvi se noževi mogu datirati u drugi stupanj srednjeheladskog perioda (MH II) (Marović i Čović 1983, 205). U Istri su također pronađena dva ovakva bodeža te se, kada se sagleda cjelokupni areal rasprostranjenosti nalaza ovakvih predmeta, dolazi do zaključka o intenzivnim kontaktima jadranske obale s egejskim prostorom (Marović i Čović 1983, 206).

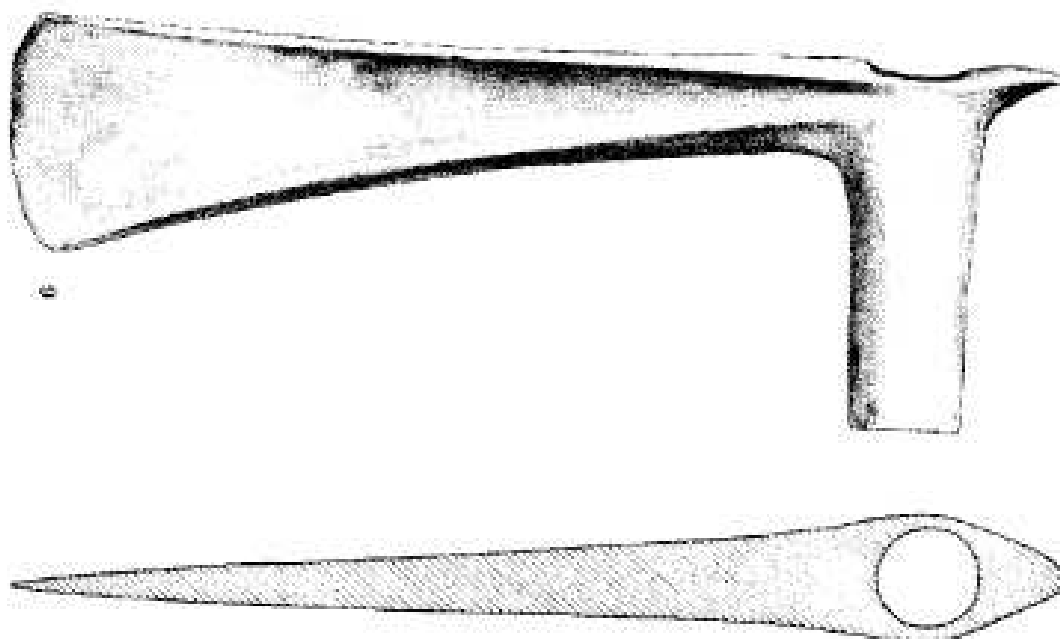
10.5.1.3. Treća faza

U trećoj fazi cetinske kulture imamo pojavu sekundarnog ukopa u već ranije spomenuti grob u gomili broj 1 u Živaljima kraj Obrovca pored Sinja (Marović i Čović 1983, 207). Zgrčeni kostur položen na lijevi bok bio je naknadno položen u stariji grob te mu je na predjelu prsa ležao veliki triangularni bodež XXXIII 1 (Marović i Čović 1983, 206). Sam bodež ima punokovinski držak i vrlo je dobro očuvan, pa se na temelju toga pretpostavlja da

vjerojatno nije bio korišten nego je imao samo funkciju grobnog priloga (Marović i Čović 1983, 207). Na temelju ukrasa drška bodeža, koje čine koncentrične trake s urezima kao riblja kost, smatra se da mu je najbliža analogija u bodežima iz unjetičke kulture (Marović i Čović 1983, 207).

Dvije brončane sjekire također su pronađene u okolici Sinja. Prva sjekira (slika 46) potječe iz gomile broj jedan s lokaliteta Velike gomile blizu Čitluka, dok druga potječe iz Rarine gomile blizu Sinja. Ta je gomila nestručno iskapana i uništena te nema drugih podataka o njoj (Marović i Čović 1983, 208). Dužina sjekire iz Velike gomile je 19,4 cm (Marović 1991,132).

Povišeni položaj Velike gomile, njezina velika dimenzija, suhozidni vijenac i grobni prilog brončane sjekire i brusa, daju naslutiti da se u ovom tumulu pokopala neka važna osoba lokane brončanodobne zajednice toga perioda (Marović 1991,133). Ovakve sjekire su na hrvatskom prostoru potpuno nepoznate i jedina im je analogija jedna sjekira pronađena u ostavi iz Mađarske iz Körösa (Marović i Čović 1983, 209). Ove dvije sjekire imaju cjevasti otvor za držak, dugo sječivo s ojačanim rubovima, dok je na prednjoj strani ušice malo rožnato ispupčenje (Marović i Čović 1983, 209). Ovakve sjekire kronološki pripadaju B1 stupnju srednjoeuropske kronologije brončanog doba po Reineckeu (Marović i Čović 1983, 209).



Slika 46. Sjekira iz Čitluka
Izvor: Marović i Čović 1983.

Iz izloženog se vidi da cetinska kultura, za razliku od sjevernih kulturnih manifestacija koje su nosioci metalurške promjene osjetne na širokom prostoru, nema vlastitu metaluršku tradiciju i proizvodne centre¹⁹ te se za opskrbljivanje brončanim predmetima služi trgovinom i importima sa šireg jadranskog i balkanskog područja. Svi predmeti dosad otkriveni nisu potekli iz prostora cetinske kulture nego su tamo dospjeli kao import te su ostavljeni kao prilozi u grobovima. No ipak, prilikom istraživanja provedenih na i oko mjesta Dugiš kod Sinja, Ivan Marović na temelju nalaza naselja sojeničkog karaktera iznosi tezu o mogućem postojanju cijelog niza sojeničkih lokaliteta pozicioniranih duž cetinske obale te mogućnost postojanja metalurškog centra negdje u okolici (Marović 2001).

S obzirom na to da je glavni problem razumijevanja cetinske kulture neistraženost i nepostojanje velikog broja radiokarbonskih datuma dosadašnjih lokaliteta, cjelokupna se cetinska kultura svrstava u periodizaciju koja je jednim dijelom zastarjela te ne prikazuje pravo stanje ove kulturne manifestacije i njezinog (mogućeg) metalurškog dosega. Da bi se bacilo dodatno svjetlo na ovu problematiku potrebna su nova i intenzivna istraživanja cetinskih nalazišta.

¹⁹ još nisu pronađeni

11. ZAKLJUČAK

Čovjek je od svojih početaka nastojao ovladati prirodom s ciljem poboljšavanja kvalitete života i pojednostavljivanjem radnih procesa. Kameno doba završava pojavom metalnog doba u kojem metal preuzima glavnu ulogu kao novi materijal za izradu alata, oruđa, oružja i ukrasa. Pojava metala može se registrirati u kasnom neolitiku, ali samo u ograničenom vidu i namjeni, prije svega ukrasne prirode kao što pokazuju nalazi iz vinčanskih horizonata, ali se polako dolaskom bakrenog doba fokus prebacuje aktivnom traženju i upotrebi metala za svakodnevne svrhe. Da bi došao do metala, čovjek je trebao postati rudar, a rudarsku je tradiciju baštiniio dijelom iz ranijih razdoblja kada je u potrazi za kamenom sirovinom prekopavao površinu zemlje. Na isti je način, samo koncentriranijeg opsega, čovjek počeo tražiti rudonosne žile, prvo bakra, a onda i ostalih metala. Bakar se kao glavni metal, po kojem je bakreno doba dobilo ime, mogao naći samorodan i kao dio jednostavnijih oksidnih ili složenijih oksidnih ruda. Rude bakra koje su se koristile su samородni bakar, oksidne – kuprit; karbonatne – malahit i azurit; sinjavci – tetraedrit i tenantit i halkopiritne rude. Bakrenih ruda u Hrvatskoj ima na Trgovskoj gori, Petrovoj gori, Lici kod Pazarišta, Zagrebačkoj gori i okolici Samobora. Bakra ima mnogo i na bosanskom području Vareša, Gornjeg Vakufa, Kreševa, Fojnice, Jablanice, Konjica i Srebrenice. U Srbiji se također nalazi na područjima Bora, Majdanpeka, Suvobora i Rudne glave gdje je konstatirana jedna od najstarijih aktivnosti rudarenja koja potječe još iz perioda vinčanske kulture.

Upravo polagana upotreba složenijih ruda, kao što su sulfidne rude bakra – sinjavci, dovela je do svojevrzne revolucije korištenja metalnih predmeta. Razlog je ležao u činjenici da je dio sulfidnih ruda i arsen, element koji u spoju s bakrom stvara slitinu koja je bolji i kvalitetniji metal od samog bakra. Uvidjevši ovu promjenu, čovjek polako počinje koristiti arsenske slitine ili "bronce" za upotrebu u kreaciji metalnih predmeta. Glavni problem arsenskih bronci je njihov opasan postupak izrade jer se tijekom taljenja sulfidne rudače oslobađa otrovan plin arsin koji može trajno onesposobiti ljevača ili ga čak usmrtiti. Postupno, iskorištavanjem sulfidnih ležišta bakra i povećanom potražnjom za metalom, čovjek je počeo iskorištavati halkopiritna ležišta ruda koja u velikom omjeru sadrže željezo, koje je na svojevrzni način bilo neprijatelj ondašnjih ljevača jer se njegov potencijal još nije znao iskoristiti, a tijekom taljenja je kvarilo bakar ako je bilo u prevelikom postotku prisutno u taljevini. Taj je problem postupno riješen dodavanjem flukseva – tvari koje pomažu pri

taljenju i vežu na sebe željezo te oslobađaju bakar. No tako dobiveni bakar bio je svojevrsni "korak u krivom smjeru" jer su njegove odlike bile lošije od arsenske bronce koju je trebao zamijeniti. Drevni su ljevači i metalurzi tom problemu doskočili dodavanjem kositra taljenom bakru čime su zamijenili arsen u slitini te je na taj način stvorena prva prava bronca koja je, osim što je bila superiornija slitina, bila i bezopasna po život prilikom stvaranja. Još se ne zna kako je kositar iz rudnih ležišta ili kasiterita – riječnih oblutaka dospio u metaluršku peć, ali, po svemu sudeći, najvjerojatnije se radilo o spoju istraživanja, eksperimentiranja i metode pokušaja i pogreške, a ovi su procesi svojstveni ljudskom rodu te se ponavljaju kroz sva razdoblja u svim poljima ljudskih djelatnosti. Kositar, kojeg u Hrvatskoj nema, mogao je doći s obližnjih nalazišta u Bosni kod Motajice (još nije potvrđen nalaz kositra) i iz Srbije na planinama Bukulja i Cer. Također ga ima i u Makedoniji. Kositar korišten u ranoj bronci najvjerojatnije je ovog podrijetla te nije bio dopreman iz udaljenih krajeva kako to starija literatura pretpostavlja. Kositra u Europi ima u Engleskoj u pokrajinama Devon i Cornwall, Španjolskoj u Galiciji, Italiji u Toskani, na granici Češke i u njemačkoj pokrajini Saskoj. Tako je bronca potisnula prijašnje slitine i postala naprednom tehnologijom toga doba, a njen je utjecaj dotakao sve sfere života, a ovo novo doba i period slitina naziva se brončanim dobom. Na hrvatskom prostoru ove se promjene, koje definitivno nisu zaobišle naš prostor, mogu pratiti, uvjetno rečeno, od kraja bakrenog doba. Kulture koje se svojim metalurškim dostignućima mogu svrstati u period ranoga brončanog doba su redom: badenska, kostolačka, vučedolska i vinkovačka kultura na slavonskom prostoru te cetinska kultura u srednjoj Dalmaciji.

Prva kultura koja svjesno koristi slitinu bakra i arsena je badenska kultura koja se jednim dijelom rasprostirala na hrvatskom prostoru. Kultura je imala široki areal rasprostiranja – preko teritorija današnje sjeverne i istočne Austrije, Moravske, Češke, južne Poljske i Slovačke, čitave Mađarske, sjeveroistočne Hrvatske i dijelova Vojvodine u Srbiji. Kultura se u Hrvatskoj smjestila na prostor istočne i srednje Slavonije te Baranje. Naselja i lokaliteti koji se pripisuju ovoj kulturi u Hrvatskoj su Vučedol, Bapska, Vinkovci, Donja Vrba kod Slavonskog Broda (Saloš), Grabrovac, Sarvaš i Beli Manastir. Kultura se datira u period od 3500. do 3350. g. pr. n. e. Metalurgija badenske kulture prije je bila slabo poznata, ali noviji nalazi s lokaliteta kao što su Saloš, Okukalj i Vučedol pokazuju da je kultura uspješno napravila tranziciju od korištenja bakrenih predmeta prema predmetima od slitine arsenske bronce. To ujedno implicira korištenje sulfidnih ruda koje sadrže arsen u svom

sastavu. Nalazi iz Vinograda Streim su mali nožić i triangularni bodež koji u svom sastavu imaju arsen. Spektrografska analiza predmeta je pokazala da je sastav noža:

Cu – 94,0123 %, As – 5,4961 %, Sn – 0,0147 %

dok triangularni bodež ima sastav:

Cu – 98,2786 %, As – 1,2363 %, Fe – 0,4931 %.

Nalazište Okukalj kraj Donje Bebrine podarilo je nalaze metalne zgure, dvije posude debelih stijenki plitkih recipijenata s izljevom te tragovima gorenja i topljenog metala zelenkaste boje u unutrašnjosti posude. Analizom neutronske aktivacije (X-zrake/rendgen) provedene na zagrebačkom Institutu Ruđer Bošković otkriveno je da dva nalaza metalne šljake iz radionice imaju sljedeći sastav:

1. Cu– 64,214 %, As– 0,002 %, Fe– 34,706 %, Zn – 0,792 %, Pb(olovo) – 0,264 %

2. Cu– 27,487 %, As– 0,005 %, Fe– 56,376 %, Zn– 16,444 %, Pb(olovo) – 1,341 %

S lokaliteta Saloš došao je najvrjedniji nalaz badenskog metalurškog dosega: ostaci triju metalurških peći, trinaest cijelih ili djelomično sačuvanih otvorenih kalupa korištenih za lijevanje plosnatih sjekira, dvije posude za topljenje metala, šest manjih posuda s izraženim oštećenjima s unutarnje strane koja su nastala izloženošću visokim temperaturama te komad šljake i mali amorfni komad pretopljenog bakra.

Analizom amorfno komada i šljake dobiveni su nalazi:

Šljaka: Cu – 2,086 %, Sn – 0,020 %, Fe – 95,416 %, Zn – 0,817 %, Pb – 0,391 %,

Mn – 1.266 %

Amorfni dio: Cu – 94,720 %, Sn – 0,026 %, Fe – 1,811 %, Zn – 1,761 %, As– 0,654 %,

Mn– 0.025 %.

Svi ovi nalazi potvrđuju činjenicu da je badenska kultura poznavala produkciju predmeta od arsenske bronce, slitine bakra i arsena, nastale slučajno taljenjem sulfidnih ruda koje su osim bakra sadržavale sumpor i arsen. Ruda je vjerojatno bosanskog podrijetla jer je ustanovljeno badensko naselje kraj Čavke gdje su bogate rudonosne žile. Nalazišta Okukalj i Saloš leže na direktnom putu rude iz Bosne prema Vučedolu koji je bio veliko naselje badenske kulture tog perioda. Slični nalazi od arsenske bronce mogu se pronaći na istoku

Balkana u kulturi Ezero koja je paralelna s badenskom te se ove dvije manifestacije mogu povezati uz početak ranoga brončanog doba.

Kostolačka kultura, koja u kronološkom smislu slijedi nakon badenske, također pokazuje sličnu razinu poznavanja arsenskih slitina. Ova kultura obuhvaća Slavoniju, Srijem, sjevernu Bosnu i Šumadiju te su joj to primarna područja iz kojih se kasnije proširila na prostore istočne Srbije, Oltenije, sjeverne Mađarske i dio Slovačke. Kostolačka se kultura datira u period 3300 – 2700. g. pr. n. e. Donedavno se smatralo da je metalurgija kostolačke kulture nepostojeća. No nalaz s lokaliteta Đakovo – Franjevac pokazuje prisutnost predmeta od slitine arsenske bronce. Ovo je ujedno jedino naselje od trideset pet lokaliteta koji su pripisani kostolačkoj kulturi u Hrvatskoj, a da je pronađen nalaz metala. Nalazi iz ovog naselja su predmeti od bakrene slitine nađeni unutar otpadnih jama. Radi se o tri šila i tri komada slitine. Ovakva šila maju svoje paralele u kostolačkim nalazima iz Gomolave. Od preostala tri metalna ulomka pretpostavlja se da dva pripadaju dijelovima šila dok bi treći mogao pripadati ulomku listolikog bodeža. Analiza metalnih predmeta pokazuje da svi imaju određen postotak arsena u sebi:

1. Šilo (PN 22):

Cu(bakar) – 95,412 %, Fe(željezo) – 0,039 %, Zn(cink) – 0,817 %, Pb(olovo) – 1,369 %, As(arsen) – 1,447 %

2. Bakreni ulomak (PN 37):

Cu(bakar) – 97,235 %, Fe(željezo) – 0,047 %, Zn(cink) – 0,007 %, Pb(olovo) – 0,338 %, As(arsen) – 1,557 %

3. Šilo (PN 61):

Cu(bakar) – 97,268 %, Fe(željezo) – 0,014 %, Zn(cink) – 0,273 %, As(arsen) – 1,959 %

4. Bakreni ulomak (PN 81):

Cu(bakar) – 98,171 %, Sb(antimon) – 0,222 %, As(arsen) – 1,432 %

5. Šilo (PN 150):

Cu(bakar) – 95,487 %, Fe(željezo) – 0,026 %, Zn(cink) – 0,007 %, Sb(antimon) – 0,271 %, As(arsen) – 4,079 %

6. Ulomak bodeža (PN301):

Cu(bakar) – 98,294 %, Fe(željezo) – 0,083 %, Au(zlato) – 0,222 %, As(arsen) – 1,134 %

Budući da kostolačka kultura poznaje arsensku broncu, vjerojatno se njezina metalurška tradicija dobrim dijelom oslanja na ostavštinu badenske kulture. Postotak arsena koji varira od 1,5 – 4 % ukazuje da se radilo o sulfidnoj rudi vjerojatno dobivenoj iz bosanskih sulfidnih ležišta.

Vučedolska kultura započinje svoj život u međuriječju Save i Dunava, no tijekom svog života se postupno proširila na prostor Srijema, rumunjskog Banata, mađarske Baranje, okolice Praga, jugoistočnog alpskog prostora te prostor Bosne. Kultura se može podijeliti na četiri razvojne faze: 1. Rana faza ili pretklasična faza A ; 2. Srednja faza ili ranoklasična B1 te kasnoklasična B2; 3. Kasna faza ili stupanj regionalnih tipova C. Vučedolska se kultura datira u period između 3000. i 2400. g. p. n. e. te je, ako se uspoređi s ostatkom svijeta, paralelna s periodom Starog carstva u Egiptu i pojavom prvih gradova država u Mezopotamiji te prvim stupnjevima Troje na Bliskom istoku – Troja I i II.

Vučedolska je kultura poznavala tri tipa metalurških peći:

1. Peć za topljenje rudače koja je bila izdvojena iz radionice ili čak izvan naselja zbog smrtonosnoga isparavanja arsena ili antimona iz rudače koju su topili, tj. tenantita (bakar/arsen) i tetradrita (bakar/antimon). Budući da najveći dio arsena ili antimona isparava na temperaturi do 400 °C, ostatak trajno ostaje i tvori leguru koja je znatno tvrđa od čistoga bakra. Takva se legura s do 5 % arsena ili antimona skupljala na dnu peći. Ovakve su peći imale na dnu udubljenje s tri urezana žlijeba i bile su pokrivene kupolom.
2. Peći u kući su imale ravno dno i bile pokrivene kupolom. Služile su za topljenje prethodno pripremljene bakrene legure u posudama za lijevanje. Tako otopljena legura se lijevala u jednodijelne ili dvodijelne kalupe.
3. Peći bez kupole potječu sa samog kraja kulture i u njima se topila nova vrsta rude. Potrošivši ležišta sulfidnih ruda tenantita i tetradrita, Vučedolci su počeli eksploatirati halkopiritne rudne slojeve koji su i do danas ostali glavnom bakrenom rudom. Odlika ovakve rude je velik udio željeza u njezinom sastavu. U početku je takvo željezo predstavljalo problem metalurzima jer je ostajalo u bakru kao nečistoća, katkad u velikim omjerima, te je činilo slitinu krutom i neprikladnom za rad. Odstranjivanjem kupole s peći i dodavanjem sistema mjehova, osigurana je veća količina kisika u peći te se spriječilo topljenje željeza koje je ostajalo u šljaci. Tako je dobivan čisti bakar u koji je tada dodavan kositar iz riječnih nanosa, najvjerojatnije s nalazišta uz planine Bukulju i Cer u zapadnoj Srbiji. Tako je počela proizvodnja najstarije svjetske bronce koju vučedolska kultura preko lokaliteta Sitagroi širi sve do Troje i Bliskog istoka. Nalaz vučedolske apsidalne kuće s metalurškim pećima i

broncom iz Sitagroia u sloju V najstarija je poznata bronca izvađena iz pouzdanog sloja te se datira oko 2600. g. pr. n. e.

Nalazi vučedolske kulture na hrvatskom prostoru koji su obrađeni ovim radom su nalazi s lokaliteta Vučedol – Gradac, Vinkovci – Tržnica, ostave iz Brekinske, Pakraca i Topolja te slučajni i pojedinačni nalazi iz Vukovara – Vinograd Vuić, Vukovar – Dobra Voda, Lukovo kraj Senja, Očura kraj Ivanca, nalaz iz Sotina, Sarvaša te jedna sjekira iz nepoznatog nalazišta srednje Dalmacije.

Na Gradcu je otkriven metalurški kompleks koji se sastojao od objekta prozvanog "Megaron ljevača bakra" te pet metalurških peći od kojih su dvije bile izvan megarona, a tri unutar njegovog prostora. Radilo se o pećima s kupolastom konstrukcijom i oblikom dna koje podsjeća na rimske lampice. Unutar radioničkog centra pronađen je jednodijelni dvonamjenski keramički kalup za lijevanje bakrenih sjekira i dlijeta s druge strane, što govori o tehničkoj inovativnosti vučedolskih majstora, te jedna sjekira od gotovo čistog bakra koja je mogla odgovarati ovakvom kalupu. Ovaj se kompleks veže uz B1 i B2 fazu vučedolske kulture.

U Vinkovcima na lokalitetu Tržnica (Hotel) tijekom iskopavanja tel naselja otkriven je nalaz metalurške ostave unutar otpadne jame. Inventar tog nalaza činila su četiri dvojna kalupa za lijevanje sjekira s cilindričnim produžetkom za nasad drška, dio dvodijelnog kalupa za proizvodnju bakrene žice, jednodijelni kalup za dlijeto i dio uništenog kalupa nepoznate namjene. Dio kalupa pokazuje neuspjeli proces sušenja te oštećenja prouzrokovana istim procesom, dok su neki kalupi ipak bili korišteni, što sugeriraju unutarnje plohe stijenke kalupa koje su istrošene. Ovi se nalazi mogu datirati na temelju keramike iz naselja u B2 period, a njihova se važnost očituje u tome što pokazuju da je vučedolska metalurgija poznavala "serijsku" proizvodnju predmeta prilikom koje se od jednog prototipa moglo, utiskivanjem u nesusene kalupe, napraviti više predmeta koji su istovjetni onom koji je ostavio otisak u kalupu. Prilikom lijevanja i naglog hlađenja metalnog predmeta, kalupi bi se oštetili i nisu se mogli naknadno koristiti.

Ostava iz Brekinske pronađena je 1872. godine nedaleko od Lipika. Od početnih pedeset predmeta koliko je ostava brojila, uslijed pljačke samo jedan dio je spašen i preseljen u Arheološki muzej u Zagrebu. Spašeno je dvadeset i devet sjekira koje su potekle iz kalupa

od istog prototipa i nisu bile korištene, a radilo se o sjekirama s cilindričnim produžetkom za nasad drške. Spektralna analiza provedena na sjekirama otkrila je da su sjekire od bakra s malim primjesama olova, bizmuta, nikla i antimona te da se počinju koristiti kompleksnije rude za proizvodnju bakrenih predmeta.

Ostava iz Borinaca također se sastojala od bakrenih sjekira lepezastog tipa. Spašeno je dvadeset pet od četrdeset sjekira, a dio ih se čuva u Arheološkom muzeju u Zagrebu i vinkovačkom muzeju (šesnaest komada) te su također sve redom sastava od gotovo 99 % bakra s malim tragovima ostalih elemenata. Ove sjekire su iz B1 faze vučedolske kulture i lijevane su u dvodijelne kalupe za lijevanje, dok, primjerice, takve sjekire sa susjednih područja potječu iz jednodijelnih kalupa, što sugerira brži period produkcije i veću potrebu za tim predmetima koji su možda bili i proto-ingoti a pripadaju fazi C.

Ostavu iz Topolja kraj Knina čine četiri sjekire s cilindričnim produžetkom za nasad drške i jedan mali bakreni nož. Spektralna analiza je pokazala da dvije sjekire koje se danas čuvaju u Arheološkom muzeju u Splitu imaju sastav od gotovo čistog bakra s malim tragovima srebra.

Pojedinačni nalazi sjekira na hrvatskom prostoru koji pripadaju vučedolskoj kulturi su nalaz plosnatih sjekira iz Vučedola te sjekira s cilindričnim produžetkom za nasad drške iz Vukovara – Vinograd Vuića, Vukovar – Dobra Voda, Lukovo kraj Senja, Očura kraj Ivanca, Sarvaša te jedna sjekira tipa Baniabic iz nepoznatog nalazišta srednje Dalmacije; tanke plosnate sjekire iz Bobote, Kutjeva, Orolika, Sotina. Od ovih nalaza samo posljednje četiri sjekire sadrže određen postotak arsena u sebi – od 0,066 do 2,8 % te se radi o pravim legurama arsena i bakra – arsenskoj bronci koja je produkt vučedolske kulture. Sjekira iz Dalmacije pripada tipu Baniabic i vjerojatno se radi o importu iz istočnih krajeva, iako u sebi sadrži 0,52 % arsena, ali i olovo. Ove sjekire pokazuju da su nastale od rude koje u sebi sadrže arsen, a to su kompleksne sulfidne rude koje su uglavnom dolazile iz bosanskih rudonosnih područja. Iako na prostoru Hrvatske nema puno primjera koji pokazuju upotrebu predmeta od arsenske bronce, takve se pojave mogu registrirati na susjednom području Bosne i Slovenije gdje vučedolska kultura tijekom C faze razvija svoje nove metalurške centre te na tim mjestima nastavlja napredovanje u tehnološkom smislu, ujedno koristeći novi tip ruda. Upravo se osnivanje novih visinskih naselja i ekspanzija vučedolske kulture na široki prostor mogu objasniti potragom za novim rudnim ležištima, prvenstveno sulfidnim ležištima koja

osim bakra sadrže i arsen u rudi, a tijekom vremena se fokus pri kraju vučedolske kulture mijenja i pomiče na upotrebu halkopiritnih ruda koje sadrže i željezo koje je bilo nepoželjno prilikom taljenja jer bi kvarilo bakar. Finalni je proizvod iz takvih ruda bio čisti bakar pa mu je morao biti dodavan kositar koji bi zamijenio arsen i učinio da metal bude jak i otporan na deformaciju. Tako je vučedolska kultura na samom svom zalasku života nesvjesno otvorila vrata upotrebi prave bronce.

Vinkovačka kultura koja je dio kompleksa Vinkovci – Somogyvár kulture smatra se prvom pravom brončanodobnom kulturom. Nastaje na temeljima kasne vučedolske kulture i njena je baštinica metalurškog znanja i ideja.

Prostor rasprostiranja vinkovačke kulture prostirao se od jugoistočnih obronaka Alpi i donje Austrije, preko okolice Nežiderskog jezera, prostora oko Blatnog jezera, sjeverozapadne Transdanubije s prostorom oko Győra, sjeverozapadne Hrvatske, Slavonije, Baranje, Srijema, srpskog i rumunjskog Banata te sjevernog dijela Bosne. Kultura se može datirati u period 2400. do 1800. g. pr. n. e. Mjesta koja vinkovačka kultura zauzima mahom su stara naselja vučedolske kulture, ali se mogu primijetiti i tendencije građenju dobro branjenih povišenih naselja. U metalurškom smislu, vinkovačka kultura poznaje i koristi pravu bronzu – slitinu kositra i bakra. Nalazi koji govore u prilog tome su nalazi iz Vinkovaca koji slijede iza B2 faze vučedolske kulture te vjerojatno pripadaju i ranoj vinkovačkoj kulturi. Četiri predmeta koja su pronađena jesu amorfnu komad lijeva – ostatak lijevanja, šilo, štapić zašiljen s obje strane i tanka pločica, a spektralna analiza provedena na tim materijalima pokazuje da imaju postotak kositra koji varira od 0,024 do 7,23 %. Osim kositra predmeti imaju i zamjetan postotak željeza u svom sastavu, što upućuje na korištenje kompleksnih halkopiritnih ruda koje postaju tražene zbog velikog udjela bakra u njima, ali i zato što nisu toliko otrovne i opasne prilikom taljenja jer ne oslobađaju otrovni arsin. Iz mjesta Lovas dolazi nalaz bodeža koji sadrži 10 % kositra i 89 % bakra dok ostalih 1 % čine tragovi raznih elemenata. Ovaj bodež pokazuje koliko je uznapredovala razina metalurške djelatnosti u sklopu vinkovačke kulture. Iz Vučedola potječe nalaz brončane pile iz vinkovačkog sloja. Pila je sadržavala 2,1 % kositra i 1,1 % arsena. Također se spominju i dvije brončane sjekire iz vinkovačkog područja, ali ne postoje daljnji podaci o tim sjekirama. Vinkovačku kulturu nasljeđuje vatinska kultura čime počinje srednje brončano doba.

U Dalmaciji je situacija nešto drugačija jer ne postoje konkretne kulture koje svojim nastojanjima unaprjeđuju metaluršku djelatnost tijekom jednakog vremenskog perioda kao na

sjeveru Hrvatske. Prva kultura koja pokazuje tendenciju upotrebe kositrene bronce je cetinska kultura. Ova kultura se u periodu ranoga brončanog doba prostirala na prostoru oko područja rijeke Cetine i njezinim tokom od izvora do ušća. Njezino područje širenja po Dalmatinskoj zagori se može pratiti na svom okolnom prostoru: od Kotorca u Bosni na sjeveru pa do Trebinja i Bileće na istoku, Pelješca na jugoistoku, Hvara na jugu te šibenskog prostora i zadarskog zaleđa na zapadu. Početak cetinske kulture se na temelju novih radiokarbonskih analiza može postaviti u period oko 2400. g. pr. n. e. te traje do početka srednjeg brončanog doba u Dalmaciji. Ujedno, kultura ima tri faze života: Cetina I, II i III. Nalazi bronce unutar cetinske kulture uglavnom dolaze iz inventara incineracijskih ili inhumacijskih ukopa u kamene gomile koje se javljaju na cijelom području cetinske kulture. Nalazi brončanih predmeta unutar cetinske kulture su: kratki triangularni bodež s tri zakovice s lokaliteta Gomila više lada, brončani lim iz Jukićeve gomile, ukrašena brončana igla iz tumula na Sridnjoj gori kraj Grabovca, brončani triangularni bodež s metalnom ručicom u dva dijela iz tumula 1, Živalj kraj Obrovca, bodež iz gomile broj 2 s istog lokaliteta, tri bodeža iz okolice Bitelića, Sinja i Bajagića, veliki triangularni bodež iz ranijeg ukopa iz Živalja s punokovinskom drškom i dvije brončane sjekire koje s nađene u okolici Sinja – jedna iz Rarine gomile, a druga iz Velike gomile blizu Čitluka.

Glavni problem cetinske kulture je njezina datacija jer ne postoji dovoljan broj radiokarbonskih analiza koje bi sa sigurnošću mogle pokazati njezin vremenski tijek rasprostiranja. Ujedno ne postoje detaljne analize kao na sjeveru Hrvatske o sastavu metala te o kakvim se slitinama radi. Problem leži u prošlim istraživanjima koja nisu imala pristup istim tehničkim i kemijskim analizama kakve poznajemo danas.

Svrha ovog rada bila je na temelju nalaza i predmeta različitih kultura pokazati sustavan prijelaz iz kasnog eneolitika u period rane bronce kroz pregled metalurških dosega drevnih populacija hrvatskog prostora. Ujedno je uzeta u obzir i "međustanica" u vidu arsenske bronce koja se zapravo može smatrati prethodnicom pravoj bronci, ali s tehnološkog gledišta predstavlja kvantni skok naspram predmeta utilitarne prirode napravljenih od bakra koji su dominirali upotrebom prije njezine pojave. Ako kao pomoćni kriterij uzmemo slitine arsenske bronce, što je potrebno da bi se prapovijesna zajednica imenovala ranobrončanodobnom pojavu, a glavni kriterij pojavu kositrene bronce, tada treba početak ranoga brončanog doba ovog područja povući za 400 – 600 godina unaprijed naspram dosadašnje ustaljene kronologije. Dosadašnja kronologija temeljena je na radiokarbonskim

datumima dobivenim iz raznih nalazišta, ali u jednadžbu nije ulazila sigma2 kalibracija koja poništava anomaliju koja se javlja prilikom kalibracije i korištenja Hans Suessove krivulje. Tako se svi dosadašnji datumi povučeni unaprijed za 400 – 600 godina mogu lakše ukomponirati u generalnu periodizaciju brončanog doba srednje Europe. Ovim se načinom ispravlja i naoko "kašnjenje" pojave bronce na prostoru Dalmacije. Tako, primjerice, u slučaju Dalmacije prijašnja 1800. g. pr. n. e. na temelju novijih istraživanja postaje 2400. godina g. pr. n. e.

Ako uzmemo da rana bronca na hrvatskom području počinje od perioda badenske kulture i s početkom iza 3500. g. pr. n. e., kao što pokazuju nalazi badenske kulture iz Vučedola, datirani oko 3350. g. pr. n. e., točnije u fazu Fonyod badenske kulture, paralelni s nalazima arsenske bronce koja se javlja na Ezeru na istoku Bugarske u periodu oko 3500. g. pr. n. e., tada taj period možemo nazvat ranom broncom I. U ovaj period također se može svrstati i kostolačka kultura te njezina metalurška dostignuća.

Rana bronca II bi bio period prijelaza u ranu broncu III, koji traje od 3000. do 2500. g. pr. n. e., i pripadao bi razdoblju vučedolske kulture koja, šireći svoj životni prostor, koristi sulfidne rude i poznaje arsensku broncu. Još jedna novina koju ona donosi na ovaj prostor, a možda i šire, je upotreba serijske proizvodnje bakrenih predmeta prilikom koje se od jednog prototipa mogu napraviti brojni istovjetni predmeti otiskivanjem u dvodijelne glinene kalupe za lijevanje. Ujedno, zbog upotrebe novih sulfidnih ležišta koristi se novi otvoreni oblik peći za taljenje kojima pridružuju pihaljke da se poveća koncentracija kisika i pospješi izgaranje goriva i topljenje rude. Ovakvi kalupi također se mogu naći na Ezeru, a u Troji postaju česti nakon sloja II. Valja napomenuti da kositrene bronce nema u Troji prije faze Troja III iako se cijeli period tog prostora naziva brončanim dobom. Nalazište Sitagroi, po viđenju Renfrewa, slojem Va odgovara vučedolskoj kulturi na temelju keramičkih nalaza i ostataka jedine apsidalne kuće na tom dijelu svijeta, građene u tehnici lijepa i pletera. Ovakva se kuća veže uz identične kuće vučedolske kulture, a u Vinkovcima je bila i radionički centar kao i onaj u Sitagroi. Slojevi Stagroia IV su paralelni s badenskom kulturom. U sloju Va Sitagroia su među vučedolskim inventarom također nađeni i ostaci brončanih predmeta koji imaju 3,4 % i 8 % kositra te tako dovode kasnu vučedolsku populaciju u vezu sa širenjem kositrene bronce na jug i dalje prema Maloj Aziji.

Period Rano brončano doba III počinjao bi krajem vučedolske kulture i početkom vinkovačke kulture koja je već u punom smislu brončanodobna kultura. Cetinska kultura

također pripada ovom periodu. No treba imati na umu drugačiji karakter jadranske bronce prilikom promatranja nalaza iz cetinske kulture. Za razliku od sjeverne Hrvatske, dalmatinski nalazi ukazuju na strano podrijetlo rude, ali i oblika i tipova predmeta pronađenih u gomilama. Najvjerojatnije se radi o oblicima predmeta koji su bili u cirkulaciji na egejskom i italjskom prostoru, a opažaju se i predmeti koji imaju centralnobalkanski karakter. Također za sada nije pronađen niti jedan radionički dalmatinski centar iako I. Marović pretpostavlja da, ako je postojao u periodu rane bronce, tada se on nalazi negdje uz obalu rijeke Cetine. Vremenski, ovaj period bi odgovarao periodu nakon 2500. g. pr. n. e. U ovom periodu se koriste halkopiritne rude i svjesno se dodaje kositar bakru te se stvara brončana slitina.

Mislim da su, kako bi se pobliže definirao prijelaz iz jednog perioda u drugi, potrebna dodatna istraživanja po cijeloj Hrvatskoj, a uz radiokarbonske analize potrebno je provesti i detaljne spektralne analize na budućim, ali i na postojećim nalazima sa svrhom stvaranja baze podataka koja bi mogla pomoći u rješavanju pitanja koje kulture i kada koriste koju vrstu metala. Također, prilikom razgovora s geologom Hrvojem Posilovićem, došao sam do saznanja da su dosadašnje spektralne analize provedene na predmetima iz Hrvatske, tijekom analize predmeta uzimale uzorak samo s površine predmeta (jer se nije željelo dodatno oštetiti predmet koji se analizira). Budući da drevni metal oksidira i neki elementi osmotskim djelovanjem napuštaju površinu, primjerice arsen ili kositar, dobivaju se pogrešni rezultati sastava pojedinog predmeta. Ove anomalije mogu se otkloniti uzimanjem uzorka iz unutrašnjosti predmeta (jezgre) bušenjem rupice te analiziranjem takvog uzorka. Rezultat ovako provedene analize pokazuje pravi sastav pojedinog predmeta. Možda će neka buduća istraživanja probati riješiti ovaj problem i upotpuniti sliku ovog perioda.

12. POPIS PRILOGA

12.1. Popis slika

Slika 1. Odnos tvrdoće po Vickersovoj skali tvrdoće u odnosu na razinu hladnog kovanja i omjera arsena u slitini. Izvor: Northover 2008.

Slika 2. Mogući postavci peći i sistema puhaljki i mjehova. Izvor: Woelk, Gelhoit i Bunk 1998

Slika 3. Shematski prikaz pečenja rude. Izvor: Woelk, Gelhoit i Bunk 1998

Slika 4. Prikaz dobivanja metala iz halkopiritne rude. Izvor: Woelk, Gelhoit i Bunk 1998

Slika 5. Dijelovi dvodijelnog kalupa. Izvor: Durman 1983.

Slika 6. Posude za taljenje iz Ljubljanskog barja. Izvor: Durman 1983.

Slika 7. Odnos tvrdoće po Vickersovoj skali tvrdoće u odnosu na razinu hladnog kovanja i omjera kositra u slitini. Izvor: Northover 2008.

Slika 8. Samorodni komada bakra. Izvor: Pravidur 2014

Slika 9. Samorodni komadi bakra – malahit. Izvor: Pravidur 2014

Slika 10. Halkopiritne rude iz bosanskih nalazišta. Izvor: Pravidur 2014

Slika 11. Rasprostranjenost bakrenih ležišta u Hrvatskoj. Izvor: Halamić i Miko 2009.

Slika 12. Tetraedritne rude sinjavaca iz bosanskih nalazišta. Izvor: Pravidur 2014

Slika 13. Arsenski auripigment. Izvor: Pravidur 2014

Slika 14. Rasprostranjenost arsenskih ležišta u Hrvatskoj. Izvor: Halamić i Miko 2009.

Slika 15. Mineral kasiterit. Izvor: Wikipedia

Slika 16. Primjer riječnih oblutaka kasiterita. Izvor: Wikipedia

Slika 17. Nalazišta kositra i kositrene bronce prije 2000. g pr. n. e. Izvor: McGeehan-Liritzis i Taylor, 1987.

Slika 18. Najbliža Hrvatskoj ležišta kositra. Izvor: Durman 1997.

Slika 19. Najčešće rude bakra, kositra, arsena. Izvor: Ottaway i Roberts 2008.

Slika 20. Prikaz eksperimentalne primjene vatre prilikom rudarenja. Izvor: Woelk, Gelhoit i Bunk 1998.

Slika 21. Prostor rasprostiranja badenske kulture. Izvor: Durman 2006.

Slika 22. Triangularni bodež i Vučedola. Izvor: Težal-Gregl 1985.

Slika 23. Nalazi iz Đakovo – Franjevac. Izvor: Balen 2011.

Slika 24. Nalazi iz Đakovo – Franjevac. Izvor: Balen 2011.

Slika 25. Prostor rasprostiranja vučedolske kulture. Izvor: Durman 2006.

- Slika 26. Keramički sopljevi iz Vinkovaca. Izvor: Durman 2006.
- Slika 27. Peći iz Vučedol – Gradac. Izvor: Durman 1983.
- Slika 28. Rekonstrukcija metalurških peći vučedolske kulture. Slikao: A. Durman, Muzej vučedolske kulture
- Slika 29. Dvojni kalupa za sjekiru i dlijeto. Izvor: Durman 1983.
- Slika 30. Dvodijelni kalupi iz Vinkovaca. Izvor: Durman 2006.
- Slika 31. Dvodijelni kalupi iz Vinkovaca. Izvor: Durman 2006.
- Slika 32. Dvodijelni kalupi iz Vinkovaca. Izvor: Durman 1983.
- Slika 33. Dvodijelni kalupi iz Vinkovaca. Izvor: Durman 1983.
- Slika 34. Ostava iz Brekinska. Izvor: Durman 2006.
- Slika 35. Nalazi iz Topolja i Lovasa. Izvor: Durman 1983.
- Slika 36. Ostava iz Borinaca. Izvor: Durman 2006.
- Slika 37. Sjekira iz vinograda Vuić i Dobre vode. Izvor: Durman 1983.
- Slika 38. Kalupi iz Srvaša. Izvor: Durman 1983.
- Slika 39. Ostava iz Griče i nalaz iz Vranovića. Izvor: Durman 2006.
- Slika 40. Vinkovačka pila. Izvor: Durman 2006.
- Slika 41. Triangularni bodež iz Gomile više lada. Izvor: Marović i Čović 1983.
- Slika 42. Brončani lim iz Jukićeve gomile. Izvor: Olujčić 2011.
- Slika 43. Brončana igla iz gomile Sridnjoj Gori kraj Grabovca. Izvor: Olujčić 2011
- Slika 44. Brončana igla iz gomile Sridnjoj Gori kraj Grabovca. Izvor: Olujčić 2011
- Slika 45. Bodeži cetinske kulture. Izvor: Marović i Čović 1983.
- Slika 46. Sjekira iz Čitluka. Izvor: Marović i Čović 1983.

12.2. Popis literature

Balen, J. 2002. Topografija nalazišta kostolačke kulture. *Vjesnik Arheološkog muzeja Zagreb*. XXXV, 35 – 52.

Balen, J. 2005. Kostolački horizont na Vučedolu. *Opuscula archaeologica*. 29, 25 – 41.

Balen, J. 2011. *Đakovo Franjevac – kasno bakrenodobno naselje*. Arheološki muzej u Zagrebu, Zagreb.

Brunšmid, J. 1902. Nahodaji bakrenog doba: iz Hrvatske i Slavonije i susjednih zemalja. *Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu*. Vol.6 Sv.1, 32 – 67.

Dimitrijević, S. 1979. Arheološka topografija i izbor arheoloških nalaza s vinkovačkog tla. *Carolla memoriae Iosepho Brunšmid dicata*, Izdanja HAD 4. Vinkovci, 133 – 282.

Dimitrijević, S. 1979. Badenska kultura, U: *Praistorija jugoslavenskih zemalja*, vol. III., A. Benac, ur., Svjetlost, Sarajevo, 182 – 234.

Dimitrijević, S. 1979. Vučedolska kultura i vučedolski kulturni kompleks, U: *Praistorija jugoslavenskih zemalja*, vol. III., A. Benac, ur., Svjetlost, Sarajevo, 267 – 342.

Dimitrijević, S. 1982. Die Frühe Vinkovci – Kultur und ihre Beziehungen zum Vučedoler Substrat im Lichte der Ausgrabungen in Vinkovci (1977/78) = Rana Vinkovačka kultura i njen odnos prema vučedolskom supstratu u svjetlu iskopavanja u Vinkovcima 1977./78.god. *Opuscula archaeologica*. 7, 7 – 36.

Durman, A. 1983. Metalurgija vučedolskog kompleksa? *Opuscula archaeologica*. 8,1, 1 – 87.

Durman, A. 1988. Vučedol – treće tisućljeće pr. n. e. = Vučedol – three thousand years B.C., katalog izložbe, A. Durman, ur., Muzejsko galerijski centar, Zagreb.

Durman, A. 1992. Vučedol i rano brončano doba. *Na znanstvenom skupu "Arheološka istraživanja u Slavoniji i Baranji" održanom u organizaciji Hrvatskog arheološkog društva od 27. – 29. listopada u Osijeku.* (neobjavljeno), 1 – 4.

Durman, A. 1997. Tin in southeastern Europe? *Opuscula archaeologica.* 21,1, 7 – 14.

Durman, A. 1997. Vučedolska terina i Orion. *Opuscula archaeologica.* 23 – 24,1, 1 – 10.

Durman, A. 2000. Durman, A., (1994) Počeci metalurgije na brodskom području. Živaković-Kerže, Z. ur., *Zbornik radova Znanstvenog skupa o Slavonskom Brodu u povodu 750. obljetnice prvog pisanog spomena imena Broda.* Hrvatski institut za povijest, Slavonski Brod. pp. 91 – 102.

Durman, A. 2002. Spondylus – najranija europska vrijednosnica. *Numizmatičke vijesti.* 1, 55, 5 – 18.

Durman, A. 2006. Simbol boga i kralja – prvi europski vladari, katalog izložbe. Galerija Klovićevi dvori, Zagreb.

Forbes, R. J. 1964. *Studies in ancient technology.* E. J Brill, Leiden.

Garašanin, M. 1983. Vinkovačka kultura U: *Praistorija jugoslavenskih zemalja*, vol. IV., A. Benac, ur., Svjetlost, Sarajevo, 461 – 492.

Halamić, J., Miko, S. 2009. *Osnovni geokemijski atlas Republike Hrvatske.* Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Heide, G. J. van der. 1991. Brass instrument metalworking techniques: The Bronze Age to the Industrial revolution, *Historic brass society journal*, 3, New York, 122 – 150.

Hirschler, I. et al. 2009. *Josipovac Punitovački - Veliko polje I : zaštitna arheološka istraživanja na trasi Autoceste A5 : rescue archaeological excavations on the route of the highway A5 : eneolitičko, brončanodobno i srednjovjekovno naselje*, Hrvatski restauratorski zavod, Zagreb.

Horváth, L. A., Virag, Z. M. 2003. Hungarian archaeology at the turn of the millenium, Zsolt Visy ed., *Hungarian archaeology at the turn of the millenium*. Ministry of cultural heritage, Budapest, 125 – 127.

Jovanović, B. 1979. Rudarstvo i metalurgija eneolitskog perioda Jugoslavije U: *Praistorija jugoslavenskih zemalja*, vol. III., A. Benac, ur., Svjetlost, Sarajevo, 27 – 55.

Jovanović, B. 1982. *Rudna glava najstarije rudarstvo bakra na centralnom Balkanu*. Bor, Beograd.

Kalafatić, H. 2006. Žarni grob vinkovačke kulture s lokaliteta Vinkovci – Duga ulica 40. *Prilozi instituta za arheologiju u Zagrebu*, 23/2006, 17 – 28.

Kukoč, S. 2009. Obred spaljivanja pokojnika u prapovijesti sjeverne Dalmacije. *Archaeologica adriatica*, III/2009, 51 – 82.

Ložnjak, D. 2001. Nalazišta brončanog doba na vinkovačkom području. *Prilozi instituta za arheologiju u Zagrebu*, 18/2001, 33 – 61.

Maddin, R. 1988. Technical Studies – Early Use of Metals. Sayre, E.V., Vandiver, P. B., Druzik, J., Stevenson, C., eds. *Materials Issues in Art and Archaeology – Symposium held April 6 – 8, Reno, Nevada, U.S.A.* Harvard University, Cambridge, pp. 171 – 182.

Maddin, R., Stech Wheeler, T., Muhly, J.D. 1980. Distinguishing artifacts made of native copper. *Journal of Archaeological Science*, 7.3, 211–225.

Majnarić-Pandžić, N. 1998. Brončano i željezno doba U: Dimitrijević, S; Težak-Gregl, T; Majnarić-Pandžić, N. *Prapovijest*. Matica hrvatska, Zagreb, 161 – 359.

Marijanović, B. 1997. Cetinska kultura, Rana faza, samostalna kultura ili integralni dio eneolitika. *Radovi Filozofskog fakulteta u Zadru*, 36 (32), Zadar, 1 – 8.

Marković, Z. 1993. Neolitička, eneolitička i ranobrončanodobna naselja u sjevernoj Hrvatskoj. *Izdanja Hrvatskog arheološkog društva*, 16/1993, 113 – 125.

Marović, I. 1991. Istraživanje kamenih gomila Cetinske kulture u srednjoj Dalmaciji. *Vjesnik za arheologiju i historiju Dalmatinsku*, 84/1991, 15 – 214.

Marović, I. 2001. Sojeničko naselje na Dugišu kod Otoka (Sinj). *Vjesnik za arheologiju i historiju Dalmatinsku*, 94/2001, 217 – 295.

Marović, I., Čović, B. 1983. Cetinska kultura U: *Praistorija jugoslavenskih zemalja*, vol. IV., A. Benac, ur., Svjetlost, Sarajevo, 191 – 232.

McGeehan-Liritzis, V. & Taylor, J. W. 1987. Yugoslavian tin deposits and the early bronze age industries of the Aegean region. *Oxford Journal of Archaeology*, 6(3), 287–300.

Milošević, A. 2011. Prapovijesni tumul na Sridnjoj gori kod Dujmovića u Grabovcu. *Arheološka istraživanja na trasi autoceste u Zabiokovlju i Plini*, M. Tomasović, ur., Makarska, 29 – 40.

Muhly, J.D. 1973. *Copper and Tin: The Distribution of Mineral Resources and the Nature of the Metals Trade in the Bronze Age*. Archon Books, Hamden.

Northover, J. P. 1989. Properties and use of arsenic-copper alloys. Hauptmann, A., Pernicka, E., and Wagner, G. A., eds. *Archäometallurgie der Alten Welt, Der Anschnitt: Beiheft 7*, Deutsches Bergbaumuseum Bochum, Bochum, pp. 111–118.

Olujić, B. 2012. Istraživanja dvije kamene gomile na području Zagvozda. *Opuscula archaeologica*. 36, 55 – 91.

Ottaway B. S., Roberts B. 2008. The emergence of metalworking, In: A. Jones (Ed.) *Prehistoric Europe: Theory and Practice*, Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 193-225.

Papadimitrou, G. 2008. Papadimitrou, G., (2004). The technological evolution of copper alloys in the Aegean during the prehistoric period, Tzachili, I. ed., *Aegean Metallurgy in the Bronze Age Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19 – 21, 2004.*, Ta pragmata, Athens, pp. 271 – 287.

Pare, C. 2000. Pare, C., (1997). Bronze and the Bronze age, Pare, C. ed., *Metals make the world go round Proceedings of a conference held at the Univerity of Birmingham in June 1997.*, Oxbow books, Oxford, pp. 1 – 38.

Penhallurick, R. D. 1986. *Tin in Antiquity: Its Mining and Trade Throughout the Ancient World with Particular Reference to Cornwall.* The Institute of metals, London.

Pravidur, A. 2014. *Metal u životu prapovijesnih zajednica na tlu Bosne i Hercegovine*, Doktorski rad, Filozofski fakultet, Odsjek za arheologiju, Sveučilište u Zagrebu.

Renfrew, C. 1971. Sitagroi, radiocarbon and the prehistory of south-east Europe. *Antiquity*, XLV, 275 – 282.

Shennan, S. 1993. Commodities, transactions, and growth in the central-European early Bronze Age. *Journal of European archaeology*, 1.2, 59 – 72.

Sherratt, A. 1986. The Pottery of Phases IV and V, In: *Excavations at Sitagroi: a prehistoric village in northeast Greece. Vol. 1* Colin Renfrew, Marija Gimbutas, and Ernestine S. Elster eds., Los Angeles, 421 – 476.

Sherratt, A. 1993. What would a Bronze-Age world system look like? Relations between temperate europe and the Mediterranean in later prehistory. *Journal of European archaeology*, 1.2, 1 – 58.

Tasić, N. 1979. Kostolačka kultura, U: *Praistorija jugoslavenskih zemalja*, vol. III., A. Benac, ur., Svjetlost, Sarajevo, 235 – 265.

Težak-Gregl, T. 1985. Dva nova groba badenske kulture s Vučedola. *Opuscula archaeologica*. 10, 23 – 10.

Težak-Gregl, T. 1987. Metalna produkcija badenske kulture. *Opuscula archaeologica*. 11 – 12, 73 – 81.

Težak-Gregl, T. 1998. Neolitik i eneolitik, U: Dimitrijević, S; Težak-Gregl, T; Majnarić-Pandžić, N. *Prapovijest*. Matica hrvatska, Zagreb, 59 – 151.

Timberlake, S. 2007. The use of experimental archaeology/archaeometallurgy for the understanding and reconstruction of Early Bronze Age mining and smelting technologies. La Niece, S., Hook D., Craddock, P. T., eds. *Metals and mines: studies in archaeometallurgy, papers of the conference: "Metallurgy, a touchstone for cross-cultural interactions" held at the British Museum, 28 – 30 April 2005 in honour of Paul Craddock*. Archetype Publications Ltd, London, 27 – 36.

Trigger, B. G. 2006. *A History of archaeological thought*. Cambridge University Press, Cambridge.

Tučan, F. 1928. *Opća mineralogija*. Državna štamparija Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca, Beograd.

Tučan, F. 1957. *Specijalna Mineralogija*. Školska knjiga, Zagreb.

Tylecote, R. F. 1976. *A history of metallurgy*. The metals society, London.

Tylecote, R.F. 1977. Smelting copper ore from Rudna Glava, Yugoslavia. *Rudna glava najstarije rudarstvo bakra na centralnom Balkanu*. Bor, Beograd, 1982.

Tzachili, I. 2008. Tzachili, I., (2004). Aegean metallurgy in the bronze age: recent developments, Tzachili, I. ed., *Aegean Metallurgy in the Bronze Age Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19 – 21, 2004.*, Ta pragmata, Athens, pp. 7 – 33.

Virag, Z. M. 2003. Early metallurgy in the Carpathian basin, Zsolt Visy ed., *Hungarian archaeology at the turn of the millenium*. Ministry of cultural heritage, Budapest, 129 – 132.

Woelk, G., Gelhoit, P., Bunk, W. 1998. Reconstruction and operation of a Bronze – Age copper-reduction furnace. *Metalurgica antiqua ; In Honour of Hans-Gert Bachmann and Robert Maddin*, 8, 263 – 278.