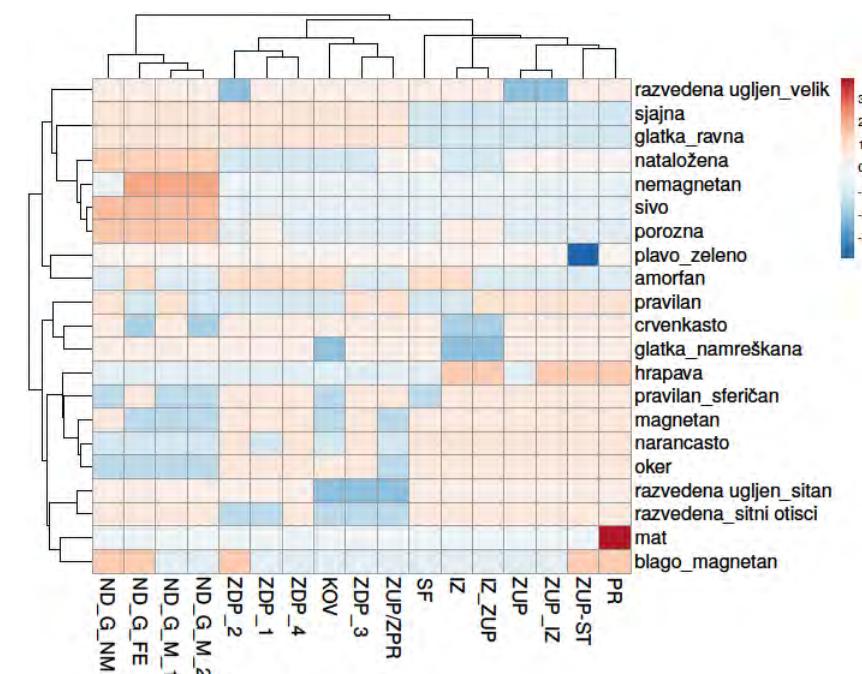
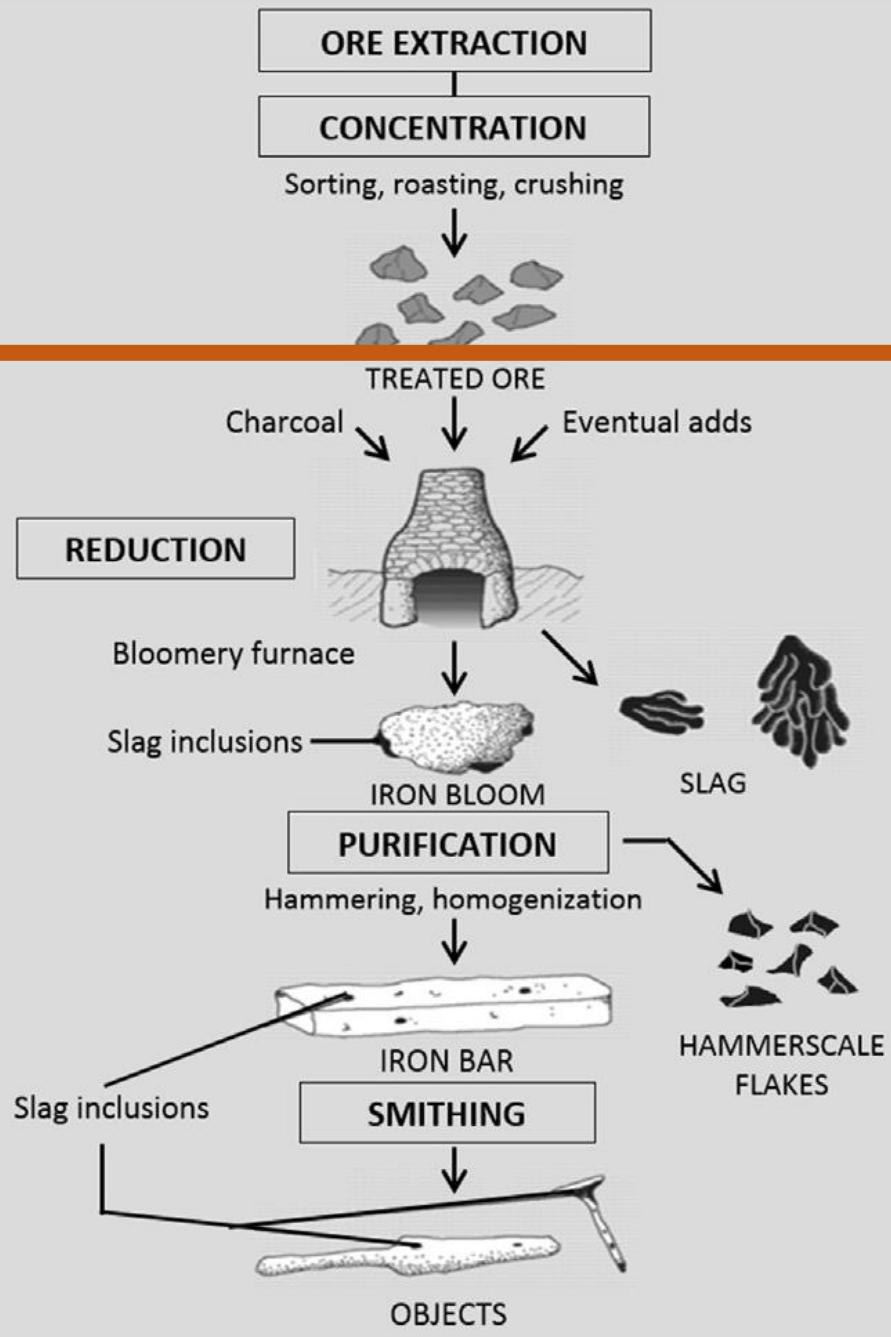


Karakteristike otpada iz postupaka eksperimentalne proizvodnje željeza – uspostavljanje metodološkog okvira za makroskopsku analizu



Student: Tena Karavidović
V. doktorski seminar, 26. ožujak 2021. godine

Mentor: dr.sc. Tajana Sekelj Ivančan



a

1. Nabava/eksploracija sirovina

2. Priprema i obogaćivanje sirovina

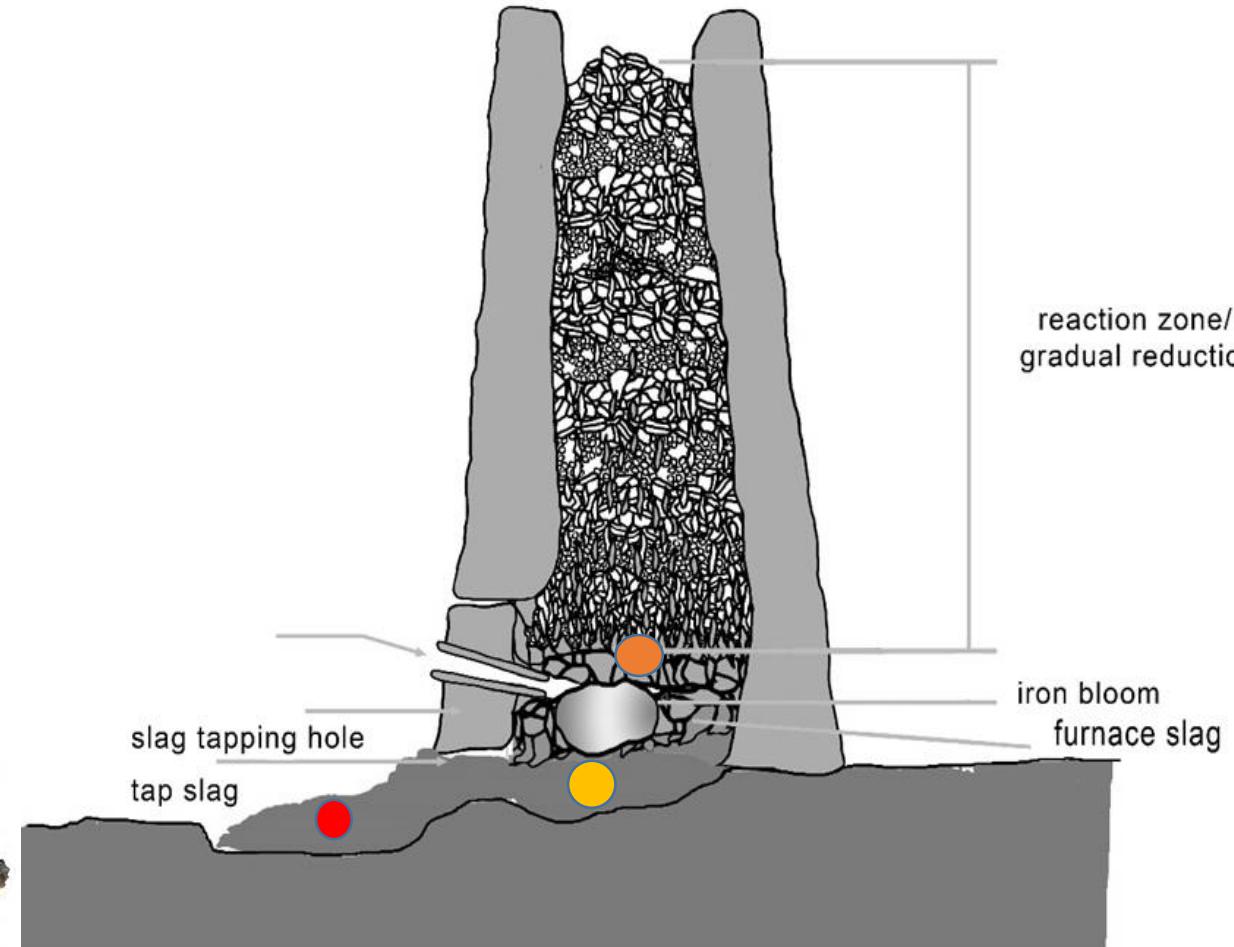
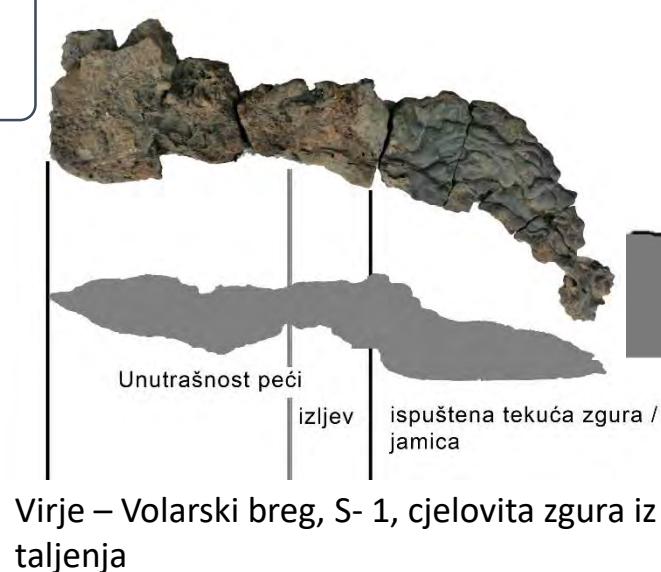
3. Taljenje /direktni proces/redukcija

4. Post – redukcija / kompaktiranje /primarno kovanje

5. Sekundarno kovanje/ izrada predmeta

Elementi prepoznavanja / Taljenje rude u plitkim pećima na istek

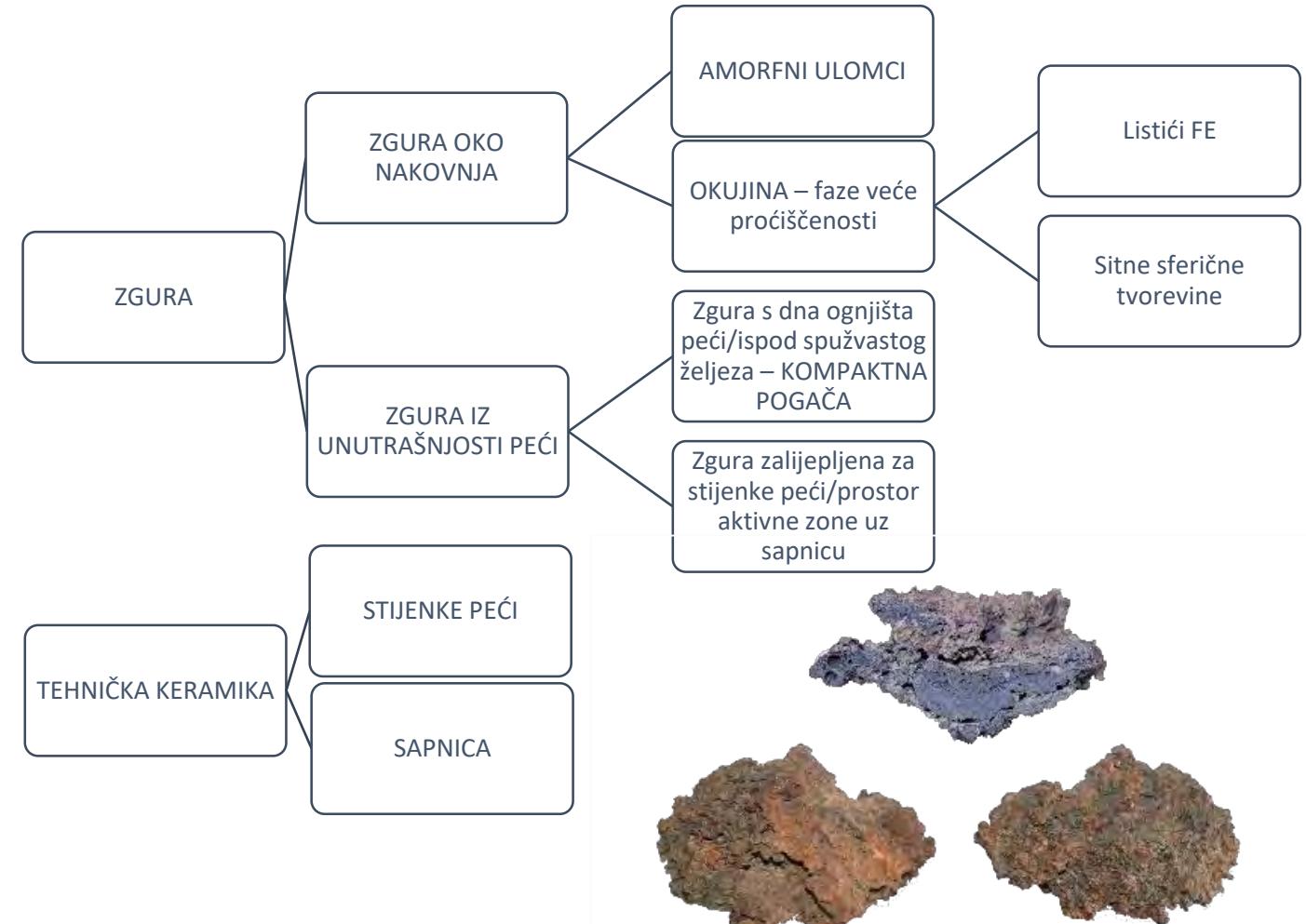
Pleiner 2000; Bayley et.al. 2001)



- Zgura zalijepljena za stijenke peći
- Zgura s dna ognjišta peći (ZDP)
- Zgura iz unutrašnjosti peći (ZUP)
- Ispuštena zgura

Elementi prepoznavanja/ Pročišćavanje spužvastog željeza – PRIMARNO KOVANJE

Postupak	Tehnički preduvjeti	Trajanje	Proizvod
Kompaktiranje	<ul style="list-style-type: none"> Nakovanj ili tvrdo uporište – drveni balvan čekić Užareno spužvasto željezo 	<ul style="list-style-type: none"> Jednokratan 5-10 min Manja količina izbačene zgure 	Kompaktirano, djelomično pročišćeno spužvasto željezo
Potpuno pročišćavanje	<ul style="list-style-type: none"> Kovačka peć i mijeh nakovanj čekić 	<ul style="list-style-type: none"> Dugotrajan postupak ovisno o količini spužvastog željeza 	Željezo (s inkvizijama zgure)



Hlebine- Dedanovice, kovačka pogača, 7.st.

Opća klasifikacija

- široka klasifikacija bez detaljnog opisa morfologije ,
- uzima u obzir isključivo karakteristične uzorke

Arheološki uzorak

- Varijabilnost osnovnih morfoloških značajki – prisutan niz razlikovnih elemenata
- Velika količina otpada i visoka razina fragmentiranosti
- Postdepozitni utjecaj (korozija, plavljenje)



- usporedno promatranje tehnoloških rješenja
- analogije moguće za osnovnu definiciju postupka – idealni i jednolični preuvjeti = neusporedivost postupka

Visok udio nedefiniranih nalaza ili velika količina kategorija – visoka zastupljenost nedefiniranih ulomaka i ulomaka karakterističnih za jedinstven postupak

Nesigurna interpretacija

Definirati vrstu i temelj utjecaja na morfologiju zgure i mogućnosti pojave različitih kategorija

Izdvajanje relevantnih morfoloških karakteristika – jednoličan pristup – usporedba

Optimizacija načina dokumentiranja (količina i vrsta karakteristika) – obrada velike količine nalaza

Temeljna arheološka pitanja

- Obim proizvodnje – kvantifikacija (uspostavljanje omjera sirovina – proizvod)
- Vrsta postupaka – faze lanca operacija
- Način izvođenja postupaka

Usporedba tehnoloških rješenja

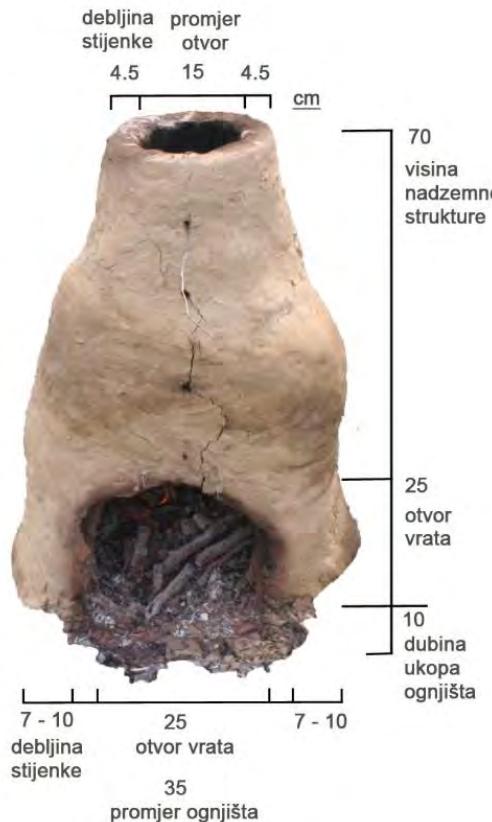
Eksperimentalno testiranje varijacije utjecaja



POSTUPAK TALJENJA

Osnovna makroskopska obrada + arheološki zapis

Samostojeća peć s ispuštenom zgurom, plitko kružno ognjište



OPERATIVNI PARAMETRI

(Tijek i način izvođenja postupka taljenja)

Eksperimentalno testiranje predložene rekonstrukcije

– intenzivan utjecaj na uspješnost postupka i karakteristike proizvoda i otpada imaju:

Izgled peći:

- Oblik i simetrija peći
- Odnosi - visina postavljanja sapnice/ visina nadzemne konstrukcije/promjer ognjišta/ otvora

Sirovine:

- Razina pripreme rude: pržena/nepržena, veličina grumenja rude/ulomaka ugljena
- Relativni odnos količine ruda/ugljen pri pojedinačnom punjenju peći
- Kvaliteta i sastav rude

Dotok zraka/sagorjevanje ugljena i redukcija

- Količina upuhnutog zraka/vremenski okvir(s)/volumen peći odnosno ritam upuhivanja zraka i sagorjevanja ugljena / zapremljiva korištenog mijeha
- Postignute temperature

Velik broj parametara
= sustavno eksperimentalno testiranje
promjena pojedinačnih parametara u jednom eksperimentu

Eksperimentalno testiranje

KARAKTERISTIKA SIROVINE – RUDA

Kvaliteta/udio Fe-oksida i jalovine

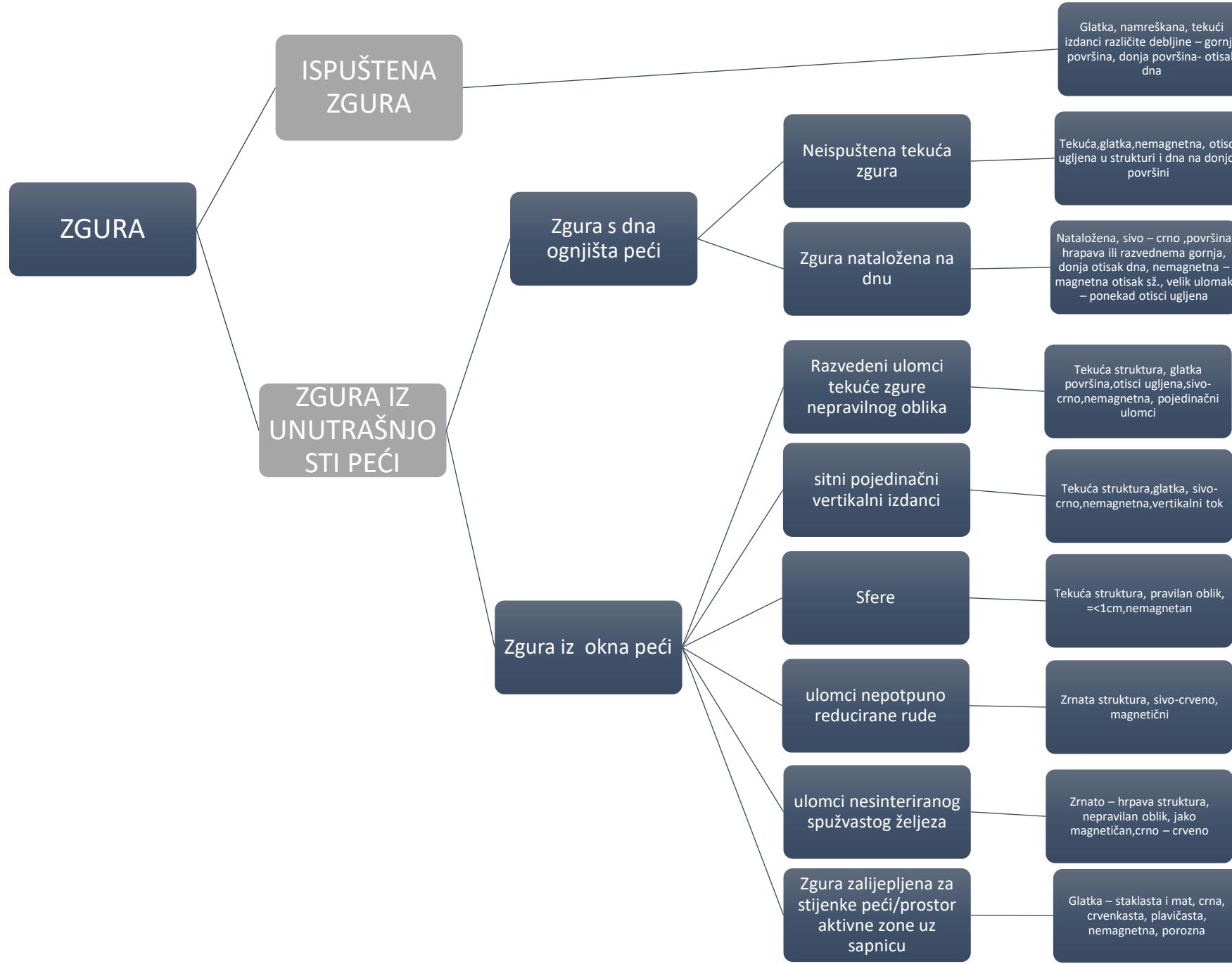
Način pripreme
granulacija
postupak prženja

IZMJENE U KONSTRUKCIJI PEĆI

- položaj sapnice
- dubina ognjišta
- oblik i simetrija peći

NAČIN IZVOĐENJA POSTUPKA

- Tijekom i nakon postupka (ispuštanje zture/varijacije, čišćenje prostora)
- Trajanje postupka



ZGURA IZ UNUTRAŠNOSTI PEĆI

ulomci
nesinteriranog
spužvastog željeza



amorfni
nejednolično
razvedeni ulomci
zgure



ulomci nepotpuno
reducirane rude



- Skraćeno trajanje postupka,
- nedovoljna priprema ulazne sirovine – sirova ruda,
- nedovoljna kvaliteta sirovine- velika količina jalovine,
- neadekvatna granulacija rude <2cm i rudni prah

Uspješan i
neuspješan
postupak

PREDUVJETI

- skraćeno trajanje postupka
- Nedovoljno sinterirano sružvasto željezo

Sitni pojedinačni vertikalni izdanci zgure

Sfere – samostalne i inkorporirane u amorfnu masu



Razvedeni ulomci tekuće zgure nepravilnog oblika



Prisutna u svakom postupku

Zgura zalipljena za
stijenke peći/prostor
aktivne zone uz
sapnicu



Prisutna u svakom
postupku – boja,
tekstura površine,
razina poroznosti –
svojstva rude i glinene
paste stijenke peći,
temperatura i
količina/ritam
upuhivanja zraka.



- Neispuštena zgura u cijelosti,
skraćen postupak
- Čišćenje peći nakon taljenja –
razina taloženja, inkluzije ugljena

ISPUŠTENA ZGURA

- Vrsta i karakteristike sirovine – boja, tekstura površine
- Način izvođenja postupka – razina fragmentiranosti – kategorije veličine ulomaka, uslojenost, poroznost, tekstura površine



Pročišćavanje spužvastog željeza – PRIMARNO KOVANJE

Osnovna
makroskopska
obrada +
arheološki zapis

Kompaktne
pogače - kovačka
peć



OPERATIVNI PARAMETRI

(Tijek i način izvođenja postupka pročišćavanja spužvastog željeza)

Eksperimentalno testiranje predloženje rekonstrukcije – intenzivan utjecaj na morfologiju zgure imaju:

Slijed postupaka/ulazna sirovina:

Kompaktiranje – djelomično pročišćavanje i /ili cjelovito pročišćavanje

Izgled peći:

- Oblik, dubina i veličina peći
- Odnosi - visina postavljanja sapnice/ kut postavljanja

Ulagane sirovine:

- Razina pročišćenosti spužvastog željeza
- Relativni odnos veličine spužvastog željeza /količine zgure/dimenzija peći

Izvedba postupka:

Ritam i odabir načina izvođenja postupka (čišćenje peći)



Primarno kovanje

Kompaktiranje-djelomično pročišćavanje

Konsolidacija - potpuno pročišćavanje

Izvan peći: oko nakovnja – podloge

Unutrašnjost peći: zagrijavanje

Izvan peći: oko nakovnja

magnetične zgure - spužvastog željeza odlomljenog u

Amortiulomci nemagnetične zgure odlomljeni u kovanju

Sfere

Kompaktna porozna pogača, magnetična s gornje strane

Magnetični prah

Zgura s dna peći (ispod spužvastog željeza)-taloženje

pojedinačni ulomci spužvastog željeza odlomljenog u tijeku postupka

pojedinačni ulomci zgure zaostale - amorfni

sitni pojedinačni vertikalni izdanci

granični pojedinačni ulomci za stijenke peći/prostor aktivne zone uz

Pojedinačni ulomci pročišćenog željeza odlomljenog

magnetične zgure - spužvastog željeza odlomljenog u

Pojedinačni ulomci nemagnetične zgure odlomljeni u kovanju

Sfere

magetični prah na površini željeza (oksidacija) – magnetični prah

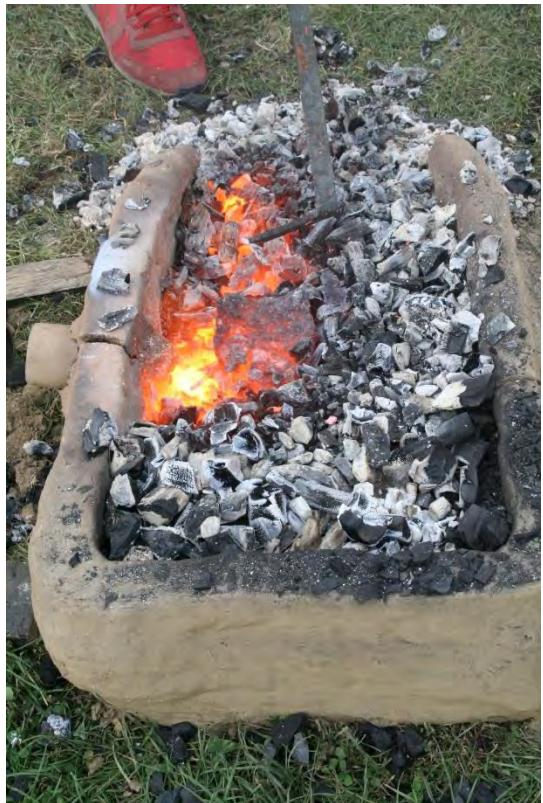
sitni pojedinačni vertikalni izdanci



Eksperimentalno testiranje

Vrsta postupka

- potpuno i nepotpuno pročišćavanje



Vrsta peći

- Dimenzije i oblik
- Položaj sapnive



Način izvođenja postupka

- Ritam izvođenja postupka
- Neprekidan/isprekidan
- Količina i vrsta pripreme ulazne sirovine (potpuno pročišćavanje)
- Vrsta sirovine
- Položaj spužvastog željeza u peći
- Faze postupka – položaj zgure – izvan peći i u peći

Kompaktiranje- djelomično pročiščavanje

Amorfni ulomci
magnetične zgure -
spužvastog željeza
odlomljenog u tijeku
postupka

Amorfni ulomci
nemagnetične zgure
odlomljeni u kovanju

Sfere

Magnetični prah

Kompaktna porozna pogača,
magnetična s gornje strane



Karakterističan u
svim
eksperimentima –
nije uvjetovan

Posljedica talioničkog procesa
– spužvasto željezo uronjeno u
zguru s dna peći – granulacija
rude > 2cm

Konsolidacija -potpuno pročiščavanje

pojedinačni ulomci zgure – amorfni, magnetični i nemagnetični, otisci sitnog ugljena-razvedeni

sitni pojedinačni tekući vertikalni izdanci

Zgura s dna peći (ispod spužvastog željeza)-taloženje
Kompaktna pogača
Staklasta/razvedena zgura uz stijenke peći

Unutrašnjost peći: zagrijavanje



- Veličina i razina pripreme ulazne sirovine (malen (300g, dobro kompaktiran uzorak spužvastog željeza))
- Učestalo čišćenje peći od ostataka zgure – veličina peći u odnosu na sirovinu (?)

- Položaj spužvastog željeza u odnosu na stijenke peći (uz ili udaljeno), ritam postupka (prekinut – višeslojan)

Izvan peći: oko nakovnja

pojedinačni ulomci, pravilni, magnetični – tragovi čekića- ulomci sružastog željeza odlomljenog u tijeku postupka



Dosta pročišćeno i nabijeno
spužvasto željezo – zadnja faza pročišćavanja

Okujina – listići fe na površini željeza (oksidacija) – magnetni prah (arh.zapis)



Optimizacija strategije dokumentiranja: značajne makroskopske odrednice

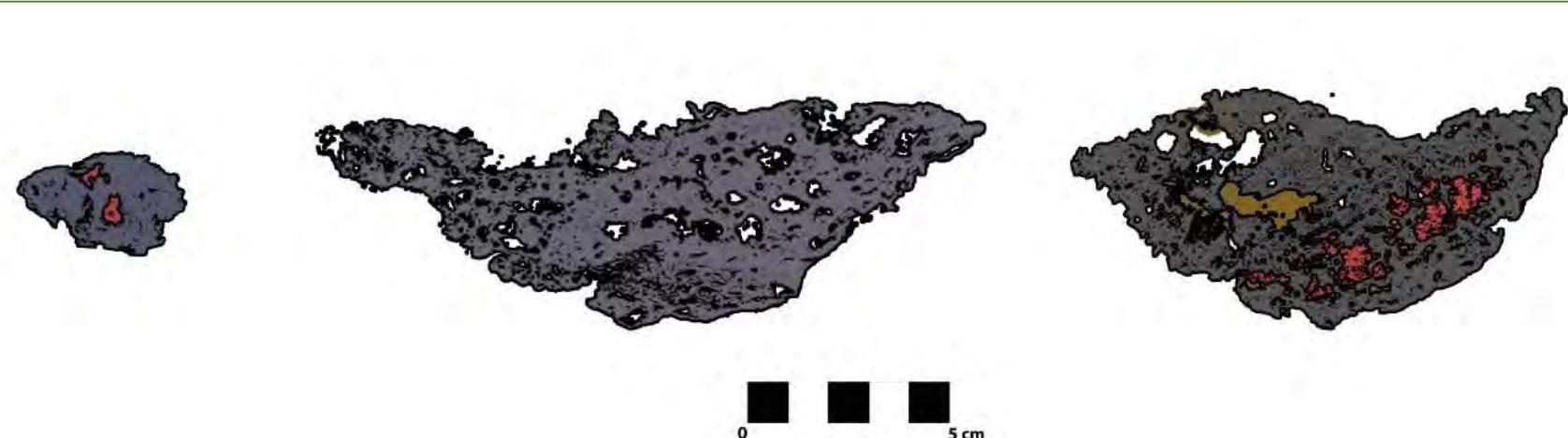
Morfološke karakteristike:

Površina

Oblik

Magnetizam

Veličina - kategorizacija



Boja i tekstura:

Crno, sivo, crvena
Sivo, plavo-zeleno

Mat,
Sjajno

Glatka
Hrapava
Zrnata

Razvedenost:

dimenzije utora, vrsta vidljivog
otiska(ugljena, otisak tla)

Porozost:

(veličina i oblik otvora)
Gusta

Oblik:

Pravilan (presjek, tlocrt),
Amorfan – razveden

Magentizam:

Nemagnetna
Blago magnetna
Izrazito magnetna

Vidljive inkluzije (tip i zasićenost)

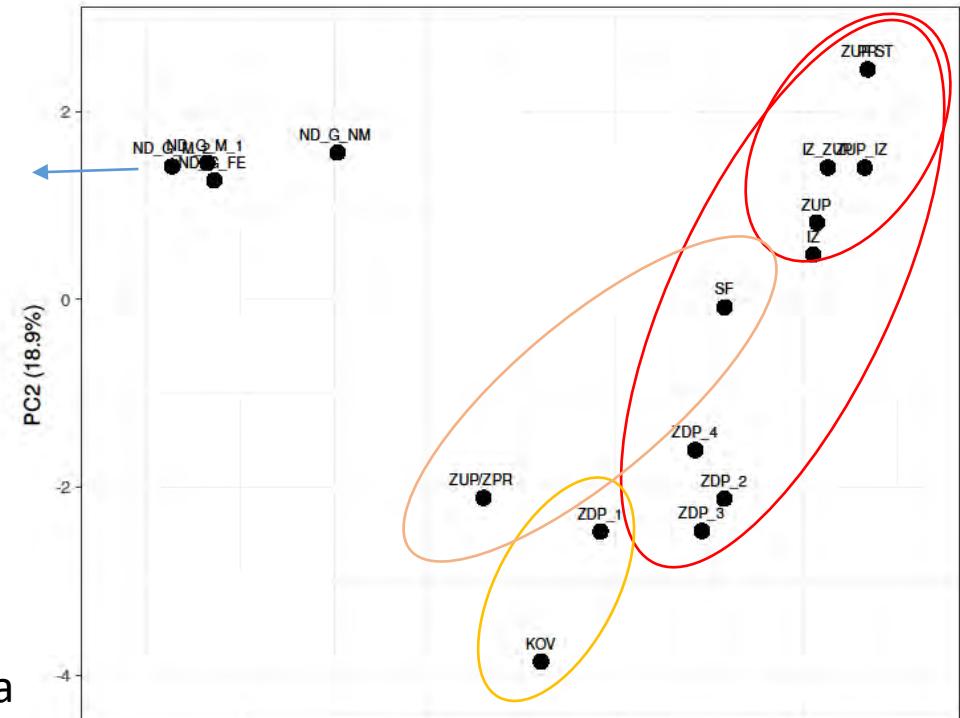
Post-depozitne promjene:

korozija (zahvaćenost površine),
atmosferski utjecaji- boja površine

Morfologija zgure:

- varijabilnost unutar istog/općeg tipa zgure
- sličnost zgure nastale u različitim postupcima

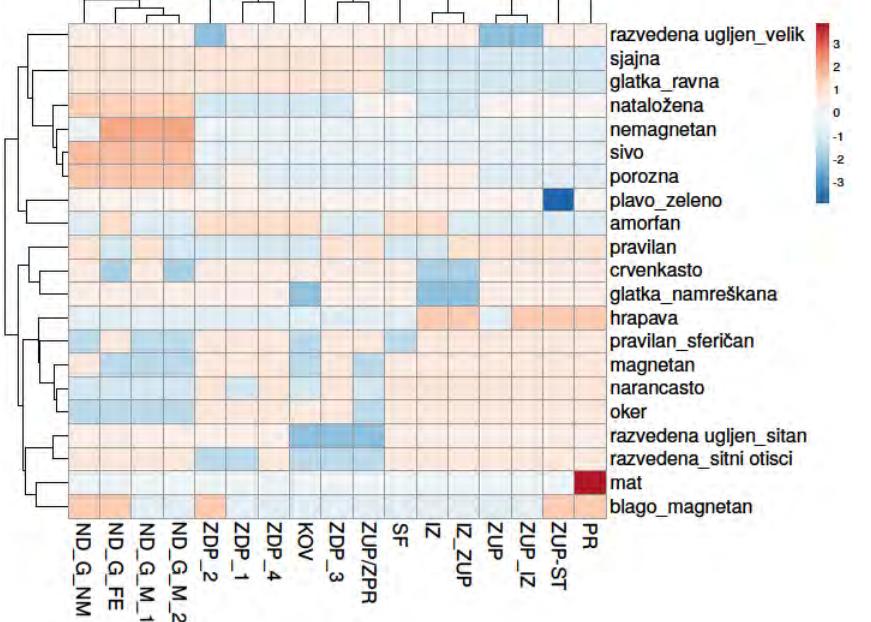
Značajan posdepozitan utjecaj - korozija



Uzroci:

- način i tijek izvođenja aktivnosti
- karakteristike sirovina (glinena pasta, vrsta i karakteristike rude, veličina i karakteristike ugljena)
- slični uvjeti pri izvođenju različitih postupaka (termodinamički uvjeti u talioničkoj i kovačkoj peći, korišteni alat)
- temeljne razlike vidljive u skupu pojedinačnih elemenata

10 kategorija



Hvala na pažnji !