

## STUDIMI I NJË GJILPËRE ANTIKE GJETUR NË SHKODËR

EDLIRA DUKA.<sup>1</sup>, ZAMIR TAFILICA.<sup>2</sup>, NIKO CIVICI.<sup>3</sup>, FREDERIK STAMATI.<sup>4</sup>, OLTA ÇAKAJ.<sup>5</sup>, TEUTA DILO.<sup>5</sup>, GERT SCHMIDT.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universiteti Politeknik i Tiranës, Fakulteti i Inxhinierisë Matematike dhe Inxhinierisë Fizike, Departamenti i Fizikës

<sup>2</sup>Muzeu Historik i Shkodrës, Departamenti Arkeologjik, Tiranë

<sup>3</sup>Universiteti i Tiranës, Qendra e Fizikës Bërthamore

<sup>4</sup>Qendra e Studimeve Albanologjike, Tiranë

<sup>5</sup>Universiteti i Tiranës, Fakulteti i Shkencave Natyrore, Departamenti i Fizikës

<sup>6</sup>Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik, TU Bergakademie Freiberg, Germany

e-mail: [edliraduka@hotmail.com](mailto:edliraduka@hotmail.com)

### Përmbledhje

Epoka e hekurit në territorin e Shqipërisë fillon nga shekulli XI p.e.s, (kur për të parën herë shfaqet në zonat jugore të Shqipërisë, ndonëse objektet prej hekuri ishin ende shumë të rralla) duke vazhduar në shekullin V/IV p.e.s, zë fill në vendin tonë jeta dhe kultura qytetare Ilire. Punimi i metaleve në qytetet ilire përfaqësohej kryesisht me prodhimin e veglave të punës dhe të armëve. Objekti prej hekuri në këtë studim, gjetur në Loho-Shkrelet, Shkodër, është emërtuar nga arkeologët si gjilpërë dhe datohet si e shekullit IV-II p.e.s. Metodot analitike që janë përdorur në këtë studim janë: fluoreshenca me rreze X (FRX) - për analizimin e përbërjes elementare të objektit, mikroskopia optike (MO), testi i mikrofortësisë Vickers, analizimi me mikroskop elektronik me skanim dhe spektroskopia me dispersion energjitik (SEM-EDS). Rezultatet e përfutuara treguan se ky objekt përmban hekur mbi 98%, mikroelement Co dhe Mn si dhe ka një vlerë mesatare të mikrofortësisë 227 HV. Mikrostruktura e përfutuar mbas atakimit për 100 s me nital 2%, është ferritike me pak perlit të vendosur në kufijtë kokrrizor dhe vërehet prania e inkluzioneve të zgjatura. Nga rezultatet e përfutuara themi se teknika e përdorur ishte ajo e rrahjes.

**Fjalëkyçe:** Objekt antik hekuri, FRX, MO, SEM-EDS, mikrofortësi.

### Abstract

The Iron Age in Albania started from XI-th century BC, (when for the first time they appeared in the southern areas of Albania, although iron objects were still very rare) and continue in 5-th / 4-th century BC, when the life and civil culture of Illyrians started. The production of metals in the Illyrian cities was mainly represented by working tools and weapons. The iron object studied in this case, founded in Loho-Shkrelet, Shkodër, is named by archaeologists as needle, and is dated to IV-II-nd century BC. Analytical methods used in this study are: XRF- for the elemental composition of the object, optical microscopy, Vickers microhardness test, and SEM-EDS. The obtained results showed that this object contains iron over 98%, has microelements Co and Mn, and also has an average

microhardness value of 227 HV. After the etching for 100s with 2% nital the microstructure obtained is ferrite with low presence of perlite in grain boundary and the presence of stretched inclusions is observed. From the obtained results we concluded that the technique used was that of beating.

**Key words:** Iron antik object, XRF, OM, SEM-EDS, Microhardness.

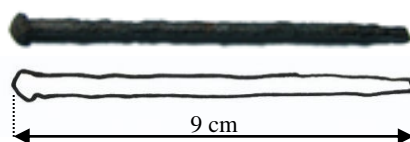
## Hyrje

Vështruar në një kuadër të përgjithshëm kulturën ilire të epokës së hekurit në Shqipëri, spikasin qartë dy zona kryesore gjeografike kulturore, secila prej tyre me disa veçori dalluese krahinore e mikrozonale dhe konkretisht; zona e Shqipërisë së Veriut, me kryeqendër Matin, e cila shtrihet në veriperëndim të Shqipërisë dhe ajo e Shqipërisë së Jugut (Prendi, 1985). Punimi i metaleve në qytet ilire përfaqësohej kryesisht me prodhimin e veglave të punës dhe të armëve. Edhe pse nuk ka gjurmë të sigurta të shfrytëzimit të mineraleve dhe shkrirjes së tyre ka mjaft gjetje, që tregojnë për veprimtarinë e punishteve zejtare të punimit të metaleve në qytetet ilire. Kjo vërtetohet nga gjetja e rëndomtë e skorjeve të farkave dhe nga veglat e farkëtarëve, siç janë masha e kovaçit, çekanët, daltat etj. Nga duart e kovaçit ilir kanë dalë vegla bujqësore, si; kazma, kazma sëpatë, beli, sëpata bipene, kosoret, drapër, kizat për krasitje e shumë të tjera, të gjetura në gërmimet arkeologjike, por dhe nga gjetje të rastit. Teknika kryesore e punimit ishte ajo me rrahje. Prodhime të kovaçëve dhe të bashkëpunuesve ishin armët ilire (Ceka, 2000; Prendi, 1982).

Arkaeometalurgjia, si një nga komponentët e disiplinës së përgjithshme të njohur si arkaeometri, është ajo fushë e kërkimeve ku informacioni për objektet metalike antike, arkeologjike dhe historike merret nëpërmjet studimit të teknologjisë së prodhimit dhe përdorimit të metaleve dhe përlidhjeve të tyre, me anë të metodave të shkencave natyrore (ASM vol 9, 2004, Scott, 2013). Tërësia e investigimit të kryer lidhur me përbërjen kimike, makro/mikrostrukturën dhe mikrofortësinë, përbërjen fazore etje, na jep mundësi të gëzojmë mbi nivelin e teknikës/teknologjisë së përdorur nga paraardhësit tanë të epokës përkatëse, diagnostikimin e gjendjes së ruajtjes së objektit ashtu dhe për interpretime më të gjera, që hedhin dritë mbi rrugët e shkëmbimit të produkteve apo lëndëve të para, etj. Deri tani studimet e objekteve prej hekuri të zbuluara në Shqipëri janë studiuar nga arkeologët me metodat arkeologjike. Prendi e shumë arkeologë të tjerë kanë treguar se nuk mjafton thjeshtë një studim arkeologjik i këtyre artefakteve, por një studim i hollësishëm me metoda fiziko-kimike do të jepte shumë informacion për artefaktet e zbuluara, duke mbështetur ose jo studimin nga pikëpamja arkeologjike të tyre Prendi (1958). Ky është dhe qëllimi i këtij studimi. Objekti i marrë në studim, i emërtuar gjilpërë, është pjesë e muzeut historik të Shkodrës ku ruhen mjaft objekte interesante të zbuluara në Shqipërinë e Veriut, kryesisht në Shkodër dhe në rrethinat Shkodrës.

### Materiali dhe metodat

Objekti i këtij studimi, gjilpëra, është klasifikuar në grupin e veglave të punës. Nga kartela përkatëse e këtij objekti morëm informacionet e përfuara nga arkeologët. Gjilpëra e datuar si antike shek. IV – II p.e.s. me trup prej teli, me prerje të rrumbullakët, me kokë në formë lugëze të vogël është gjetur rastësisht në Loho-Shkrelet në 1980 nga arkeologu Zamir Tafilica. Gjilpëra ka numër objekti 41541, numër skedari 405 i përket kulturës ilire dhe sipas arkeologut teknika e përdorur për realizimin e këtij objekti ka qenë ajo e rrahjes. Mbas marrjes së informacionit bazë nga kartela e këtij objekti ai është fotografuar dhe skicuar (figura.2) e më pas u mat gjatësia e këtij objekti. (MIT, 2003; Einarsdóttir, 2012)



**Figura 1:** Paraqitja fotos së objektit (lart) dhe skicës (poshtë).

Objektet e analizuara ishin të lyera me llak me qëllim mbrojtjen e tyre nga korrozioni (produktet e korrozioni janë goethite ( $\alpha$ -FeOOH) dhe magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )), kështu që ishte e nevojshme heqja e llakut në vende të caktuara ku do të kryhej analiza (në mënyrë që llaku të mos ndikonte në rezultate). (Jegdić et al. 2012; MIT, 2003; Einarsdóttir, 2012)

Teknika e përdorur, për studimin e elementëve kimikë nga ana cilësore dhe sasiore tek gjilpëra, ishte teknika jo shkatërruese me portabël  $\mu$ -FRX. Objekti është analizuar në dy pozicione konkretisht në majë dhe në bisht. Për të marrë dhe analizuar spektrat e ndryshëm janë përdorur softet: Spectra ARTAX versioni 7.2.5.0. dhe M-Quant-calib (BRUKER). Pajisja  $\mu$  – FRX ka një spot analizimi prej  $60\mu\text{m}$  (kapacitet i detektimit nga Na tek U) dhe kushtet gjatë kryerjes së analizimit janë: 45kV, 300  $\mu\text{A}$  dhe koha e ekspozimit 60sek. Pas analizimit me FRX, e cila u realizua në ambientet e Muzeut të Shkodrës, në bashkëpunim me arkeologun u mundësua marrja e një kampioni nga gjilpëra me qëllim studimin e mikrostrukturës, matjes së mikrofortësisë si dhe analizimin me SEM-EDS. Përgatitja e mostrës për studimin e mikrostrukturës kalon në disa etapa; fillimisht mostra është futur në rezinë më pas është poleruar duke përdorur letër karbit silici nga 320 deri në 4000 dhe pastë diamanti 6, 3, 1  $\mu\text{m}$ . Për investigimin e mikrostrukturës të sipërfaqes së poleruar është përdorur atakues nital 2% për 100 sekonda dhe është ekzaminuar me ndihmën e mikroskopit optik (me dritë të reflektuar dhe polarizuar, Kozo XJP300). Për marrjen e mikrografive dhe për të gjitha vëzhgimet mikroskopike janë përdorur kamera TCC-8.1 dhe softi TS View Version 1.0.0.1. Matjet e mikrofortësisë Vickers janë realizuar me ndihmën e matësit të mikrofortësisë në mikroskopin optik Metalloplan.

### Rezultate dhe diskutime

Objekti gjilpërë pasi u studiuva makroskopisht u analizua me  $\mu$ -FRX. Analizimi i objektit me FRX u realizua në ambientet e Muzeut të Shkodrës. Analizimi u realizua në maj dhe në bisht të këtij objekti. Pozicioni i analizimit u përzgjedh me qëllim për të parë diferencën në përbërje midis dy pjesëve kryesore të objektit. Analizat e kryera me  $\mu$  - FRX në dy pozicione tek gjilpëra treguan që përmbajtja e hekurit është e lartë duke varjuar nga 99.23% në majë deri në 99.32% në bisht. Të pranishëm tek ky objekt janë dhe elementët e tjerë kimik si Co dhe Mn (të paraqitura në tabelën 1).

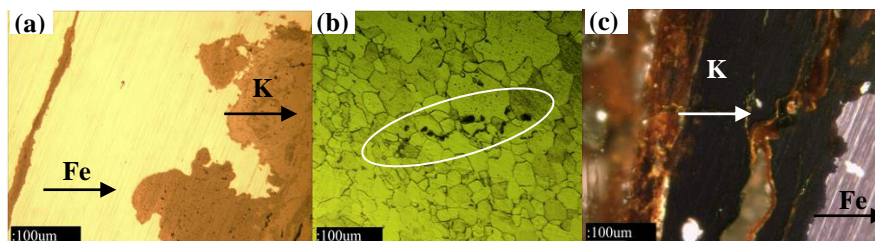
**Tabela.1:** Analizat sasiore për gjilpërën në majë dhe në bisht. Për elementet kimik Co, Fe dhe Mn janë paraqitur përqindjet e elementeve kimike dhe devijimet standarde për çdo matje. (%  $\pm$  S.D.)

| Nr. | Emri i Objektit<br>Majë heshte | Co<br>(%) | Fe<br>(%)  | Mn<br>(%) |
|-----|--------------------------------|-----------|------------|-----------|
| 1   | (a)-në maj                     | 0.38+0.24 | 99.23+4.56 | 0.35+0.03 |
| 2   | (a)-në bisht                   | 0.36+0.29 | 99.32+5.42 | 0.29+0.03 |

Në figurën 2 janë paraqitura mikrografitë e objektit të marrë në studim: (a) me dritë të reflektuar dhe (b) mikrostruktura mbas 100 sekonda atakim. Në mikrografinë (a) vihet re prania e oksideve të hekurit të cilat janë të shpërndara në të gjithë sipërfaqen e kësaj mikrostrukture, e hekurit metalik, mungesa e poreve si edhe nuk vërehet prania e inkluzioneve të ndryshme. Shihet nga mikrografia se produktet e korrozionit kanë depërtuar në brendësi të objektit. Prania e lartë e hekurit metalik dhe prova e realizuar me një magnet treguan që ky objekt është ferromagnetik. Në figurën 2(b) paraqitet mikrografia e këtij objekti ku vihet re prania e disa kufijve kokrrizor më të trash se disa të tjerë. Pikërisht kjo vjen si rezultat i vendosjes së perlitit në këto kufij kokrrizor tek një struktura ferritike të paraqitur mëposhtë. Prania e ulët e perlitit, nga analizimi i imazhit, tregon se kemi të bëjmë me çelik me përmbajtje të ulët karboni. Kjo strukturë është vëzhguar tek hekuri i farkëtuar si rezultat i fortësimit në të nxehtë. Luccheta et al., (2011) Nga mikrografitë e mara u pa se përmbajtja e karbonit është e ulët tek ky objekt. Sipas Scott shumica e objekteve antike prej hekuri kanë nga 0.1-0.5 % karbon. Scott (1991) Vlera e mikrofortësisë Vickers e matur për objektin është mesatarisht 227 HV.

Në figurën 2 (b), e cila paraqet mikrostrukturën e këtij objekti mbas atakimit, u pa prania e mundshme e disa inkluzioneve (brenda vijës eliptike të vizatuara). Në figurën 2 (c) shihet prania e oksideve të hekurit. Për të pasur një informacion më të saktë rreth këtyre inkluzioneve u bë e mundur studimi me SEM-EDS. Në tabelën e mëposhtme janë paraqitur rezultatet e përfuara nga analizimi i një zone të paraqitur në figurën 3 e cila rezultoi skorje me matrice qelqore. Shihet prania e lartë e oksideve të aluminit, gjë e

cila nuk është parë tek objektet e tjera të studiuara të cilat ishin pjesë e kësaj zone. Prania e oksideve të fosforit edhe pse në sasi të vogla janë tregues se objekti është i hershëm pasi objektet e reja nuk përmbajnë fosfor.

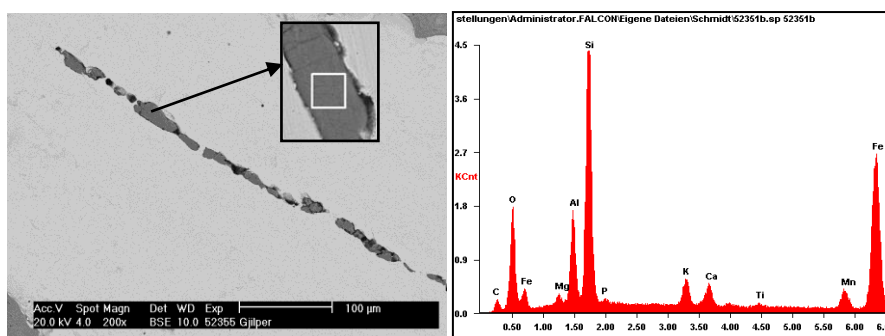


**Figura 2:** Mikrografi optike e objektit gjilpërë (a) mikrografia me dritë të reflektuar: Fe-hekur metalik, K-shtresa korrozioni, (b) mikrografia e sipërfaqes së atakuar mbas 100 sekondash e cila tregon një strukturë ferrite me pak perlit të vendosur në kufijtë kokrrizor dhe (c) mikrografia me dritë të polarizuar me nikole të kryqëzuar.

Oksidet e tjera prezentë në këtë skorje janë rezultat i flukseve dhe lëndës drusore të përdorur nga farkëtari gjatë procesit të prodhimit të këtij objekti. Gjithashtu trajtimi për një kohë më të gjatë i objektit nga farkëtari do sillte ndryshimet qoftë në mikrostrukturën e tij por edhe në fortësinë e tij. (Duka, 2015)

**Tabela. 2:** Rezultatet e përfuara nga analizimi me EDS.

| Elementët | MgO | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO | TiO <sub>2</sub> | MnO | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-----------|-----|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-----|------------------|-----|--------------------------------|
| %         | 0.8 | 10.9                           | 36.7             | 0.6                           | 2.2              | 2.2 | 0.5              | 3.9 | 42.3                           |



**Figura 3:** Në të majtë paraqitet mikrografia e objektit gjilpërë e marrë me SEM, ku tregohet dhe pozicioni i analizimit tek inkluzionet e gjetura në brendësi të sipërfaqes metalike dhe në të djathtë spektri i përftuar nga analizimi.

Në të majtë të figurës 3 është paraqitur pamja e përftuar nga analizimi me SEM së bashku me pozicionin e analizimit tek inkluzionet e gjetura në

brendësi të sipërfaqes metalike dhe në të djathtë spektri i përfutur nga analizimi. Këto inkluzione skorjesh apo mineralesh nuk rikristalizohen kur çeliku nxehet nga farkëtari, ato zgjaten sipas një drejtimi të caktuar në brendësi të metalit si rezultat i përpunimit të fortë në të nxehtë për t'i dhënë formë objektit. Deformimi në të ftohtë është parë rrallë tek objektet antike prej hekuri (Scott,D.A., 2013).

### **Përfundime**

Analizimi i përbërjes elementore tregoi se objekti gjilpërë është prej hekuri. Studimi metalografik tregoi se objekti i vëzhguar është prej çeliku me përmbajtje të ulët karboni. Nga vëzhgimi mikroskopik u pa prania e oksideve të hekurit të shpërndara në të gjithë sipërfaqen e mikrostrukturës, e hekurit metalik dhe mungesa e poreve. Mikrostruktura e këtij objekti kishte formën e një strukture ferritike me sasi të vogla perliti të vendosura në kufijtë e kokrrizave. Vlera e mikrofortësisë Vickers e matur për objektin ishte mesatarisht 227 HV. Analizimi me SEM tregoj praninë e inkluzioneve me matricë qelqore të zgjatura dhe të orientuara sipas një drejtimi si rezultat i përpunimit të fortë në të nxehtë për t'i dhënë formë objektit. Përfundimisht themi se objekti gjilpëra mund të jenë prodhuar me farkëtim.

### **Literatura**

ASM Metals Handbook Volume 9 2004; Metallography and .The Materials Information Company.

Ceka N. (2000): Ilirët, Shtepia botuese e librit universitar, 36-37

Duka E. (2015): Dezertacion; Përcaktimi i strukturës dhe i teknologjisë së prodhimit të objekteve antike prej hekuri të zbuluara në Shqipëri, dhjetor, 2015 <https://www.upt.al/images/stories/phd/Dezertacioni%20Edlira%20Duka.pdf>

Einarsdóttir Sif.S. (2012): Mass-conservation of Archaeological Iron Artefacts, A Case Study at the National Museum of Iceland.

Lucchetta M, De Rosa H, Landa C. (2011): Metallographic analysis of a spearhead found near Fortlet Minana, Technical Briefs in Historical Archaeology Vol 6: 13–19 Argentina

Jegdić B, Polić-radovanović S, Ristić S, Alil A. (2012): Corrosion stability of corrosion products on an archaeological iron artifact, International Journal of Conservation Science, Volume 3, Issue 4, 241-248

MIT. (2003): The Metallographic Examination of Archeological Artifacts, Laboratory Manual. Summer Institute in Materials Science and Material Culture. Massachusetts Institute of Technology USA. 4-6

Prendi F. (1958): Materiale të kulturës ilire të zbulueme në Shqipërinë e veriut, BUSHT II, 109-136

Prendi F. (1982): The prehistory of Albania, Cambridge Ancient History, vol. III, part. I, Chapter V, The prehistory of Balkans, The Middle East and Aegean World tenth to eighth centuries B.C., 187-237

Prendi F. (1985): Unitet dhe veçori në kulturën Ilire të epokës së hekurit në territorin e Shqipërisë, Iliria 1, 63-92

Scott, D.A. (1991): Metallography and microstructure of ancient and historic metals. The J. Paul Getty Trust, 16.

Scott, D.A., (2013): Ancient Metals: Microstructure and Metallurgy Vol. IV: Iron and Steel.