

Geležies amžiaus kalvystės vietų identifikavimo problemos Lietuvos archeologijoje

Matas Bodrijė

Vilniaus universitetas, Istorijos fakultetas, Archeologijos katedra
Universiteto g. 7, LT-01513 Vilnius, Lietuva
matasbod@gmail.com

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjamos geležies amžiaus kalvystės vietų identifikavimo problemos Lietuvoje – sritis, kuri iki šiol buvo menkai tyrinėta ir dažniausiai grįsta fragmentiškais duomenimis ar netiksliais interpretacijomis. Analizuojamos pagrindinės geležies archeometalurgijos tyrimų kryptys, „kalviškojo šlako“ terminijos problema, siūlomi tikslinimai, pristatomi makro- ir mikrolygmens kalvystės bruožai ir jų atpažinimo gairės. Ypatingas dėmesys skiriamas kalimo oksidų analizei ir jos rezultatams, kurie užsienio tyrimų praktikoje įrodyti kaip patikimiausi ilgalaikės kalvystės rodikliai. Aptariami pirminio atpažinimo ir sisteminio mėginių ėmimo principai, laboratorinės analizės bei papildomų metodų taikymo perspektyvos. Remiantis užsienio patirtimi, teikiamos rekomendacijos, kaip šiuos metodus pritaikyti Lietuvos archeologijoje, siekiant pereiti nuo nusistovėjusių fragmentiškų metodikų prie naujais duomenimis grįstų kompleksinių tyrimų. Straipsnyje pabrėžiama, kad nuosekliai nenagrinėjant kalvystės vietų negalima atsakyti į fundamentalius klausimus apie gamybos apimtį, technologijų raidą, amato organizaciją ir jo indėlį į geležies amžiaus bendruomenių ekonomiką, karinę galią bei socialinės ir politinės struktūros formavimąsi.

Reikšminiai žodžiai: geležies amžius, kalvystė, archeometalurgija, šlakas, kalvės, kalimo oksidai.

Iron Age Blacksmithing Site Identification Issues in Lithuanian Archaeology

Abstract. The article examines the problems of identifying Iron Age blacksmithing sites in Lithuania – a field that has so far remained little studied, and its research was usually based on fragmentary data or imprecise interpretations. The main directions of iron archaeometallurgical research are analysed, alongside the issue of the term ‘blacksmithing slag’ and proposed terminological adjustments. The study presents the macro- and micro-level features of blacksmithing activity and guidelines for their recognition. Particular attention is given to the analysis of hammerscale, whose international research has demonstrated to be the most reliable indicator of long-term smithing. The principles of initial recognition, systematic sampling, laboratory analyses, and the potential of additional methods are discussed. Based on foreign experience, recommendations are formulated on how these approaches could be applied in Lithuanian archaeology, in order to move from the currently established fragmentary practices towards complex research grounded in new data. The article emphasises that, without a systematic investigation of blacksmithing sites, it is impossible to address fundamental questions about the production scale, technological development, the organisation of the craft, and its contribution to the economy, military capacity, and the formation of social and political structures in Iron Age communities.

Keywords: Iron Age, blacksmithing, archaeometallurgy, slag, smitheries, hammerscale.

Įvadas

Geležies amžius yra vienas svarbiausių žmonijos raidos etapų, kai juodojo metalo apdirbimo technologijos iš esmės pakeitė tiek kasdienę ūkio praktiką, tiek karinių pajėgumų pagrindus. Kalvystė, transformavusi geležies žaliavą į įrankius, ginklus ir kasdienes dirbinius, tapo amatu, be kurio sunkiai įsivaizduojama bendruomenės ekonomika ir kariuomenės aprūpinimas. Nepaisant akivaizdžios šio amato svarbos, Lietuvos archeologijoje kal-

Received: 29/08/2025. Accepted: 14/10/2025

Copyright © 2025 Matas Bodrijė. Published by Vilnius University Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

vystės vietų identifikavimas ir amato specifikos nagrinėjimas iki šiol iš esmės liko paraštėse. Daugiausia dėmesio buvo skirta geležies lydymo klausimams ar dirbinių struktūriniam tyrimams, o kalvystė neretai įvardyta pagal pavienius, nepakankamus indikatorius, fragmentiškus duomenis ar abstrakčius kriterijus. Toks metodinis ribotumas lėmė klaidingas interpretacijas, kai kalvystė buvo painiojama su kitomis metalurginėmis praktikomis, o tai užkirto kelią nuosekliai šios srities analizei. Šios problemos sprendimas yra aktualus ne tik techninėje sferoje, tarkim, kalvystės amato skyrimo nuo geležies gavybos ar amato plėtos ir raidos analizės atvejais, bet ir platesnei geležies amžiaus konteksto analizei. Metalurginės infrastruktūros pajėgumas tiesiogiai siejasi su ūkio įrankių prieinamumu, o ginklų gamyba lemia karinės galios ir teritorinės ekspansijos galimybes. Be tvirtos geležies apdirbimo bazės sunkiai įsivaizduojamos stabilios karinės pajėgos, o be jų – ir ilgalaikis bendruomenių išlikimas karingoje geležies amžiaus aplinkoje. Todėl kalvystės vietų tyrimų atnaujinimas yra būtinas ne tik technologiniam, bet ir socialiniam bei politiniam Lietuvos priešistorės pažinimui.

Šio straipsnio tikslas – išanalizuoti geležies amžiaus kalvystės vietų identifikavimo problemas Lietuvoje ir, pasitelkus užsienio archeometalurgijos tyrimų patirtį bei metodikas, suformuluoti metodologines gaires, kaip šias vietas rekomenduotina atpažinti ir tirti. Darbe apžvelgiamos pagrindinės Lietuvos archeometalurgijos tyrimų kryptys ir jų santykis su kalvystės klausimu, nagrinėjama „kalviškojo šlako“ problematika ir siūlomi terminijos patikslinimai, pristatomi makro- ir mikrolygmens kalvystės bruožai bei metodai, tinkami jiems analizuoti. Galiausiai, remiantis užsienio tyrimų praktika, pateikiami pasiūlymai, kurie leistų šią apleistą temą integruoti į platesnį Lietuvos geležies amžiaus ekonomikos, karinės galios ir socialinės organizacijos pažinimo lauką. Verta pažymėti, kad šiame straipsnyje pagrindinis dėmesys skiriamas geležies apdirbimo, t. y. kalvystės, o ne lydymo procesams. Nors šios veiklos glaudžiai susijusios, jų pobūdis ir tikslai iš esmės skiriasi – lydymo metu gaminama žaliava, o kalvystėje ji transformuojama į dirbinius.

Pagrindinės geležies archeometalurgijos tyrimų temos ir jų indėlis į kalvystės vietų nagrinėjimą

Prieš pradėdant nuodugnesnį kalvystės vietų problematikos nagrinėjimą, būtina apžvelgti pagrindines Lietuvos geležies archeometalurgijos tyrimų kryptis ir jų indėlį į šią sritį. Šioje apžvalgoje dėmesys telkiamas tik į tris pagrindinius tyrėjus, nes jų darbai ne tik pateikė reikšmingiausias duomenis, bet ir konsolidavo visus ankstesnius fragmentiškus tyrimus ir suformavo lig šiol turimą esminį žinių pagrindą šiame tyrimų lauke. Todėl senesni pavieniai darbai, nors svarbūs tyrimų istorijai, šiame straipsnyje nėra detaliosi nagrinėjami. Apžvalga struktūruojama chronologiškai pagal temų atsiradimą Lietuvos archeologijoje, o ne pagal atskirų darbų publikavimo metus, siekiant parodyti tyrimų lauką formavusias kryptis ir jų sąsajas su kalvystės vietų problema.

Daugiausia dėmesio šioje srityje teko geležies lydymo atliekų ir su šiuo amatu susijusių veiklų atpažinimui archeologiniame kontekste bei jų interpretavimui. Nors pirmieji šios temos tyrimai Lietuvos archeologijoje buvo atlikti XIX a. pabaigoje (Salatkienė, 2006, p. 383), be abejonės didžiausias nuopelnas renkant, konsoliduojant ir plačiai, kokybiškai apibendrinant šios temos duomenis tenka Birutei Salatkienai (1951–2018), 2007 m. Klaipėdos universitete eksternu apgynusiai daktaro disertaciją „Geležies metalurgija Lietuvoje iki XIII amžiaus. Archeologijos duomenys“ (Salatkienė, 2007). 2009 m. disertacijos pagrindu išleista monografija „Geležies metalurgija Lietuvoje“ lig šiol yra išsamiausias šios temos veikalas, kuriame nuodugniai aptarti iki tol atlikti darbai ir atradimai geležies metalurgijos tyrimų klausimu, aptarta terminologija, radavietės ir jų paplitimas Lietuvos teritorijoje bei kiti svarbūs dalykai (Salatkienė, 2009). Nors veikale pagrindinis dėmesys teikiamas geležies lydymo sričiai, apie kalvystės veiklos indikatorius užsiminta epizodiškai.

Autorė pabrėžia, jog Lietuvoje aptikti tik keturi kalvio žaizdrai – Lieporiuose, Eketėje, Imbarėje ir Paplienijoje, tačiau tik dėl vieno, atrasto Lieporiuose, archeologų nuomonės, kad tai kalvio žaizdras, iki galo sutampa (Salatkienė, 2009, p. 106). Vienodai nuomonei susidaryti kliudo papildomų archeologinių duomenų trūkumas arba nesutarimas dėl žaizdro tipologijos, esą gal tai ne žaizdras, o rudnelės variacija. Eketės piliakalnio atveju

kalve laikomas 4–5 m pločio ir 7–8 m ilgio pastatas, kuriame buvo rasta įvairių geležinių dirbinių fragmentų, tokių kaip dalgio dalis, „vedegėlė“, kuri greičiausiai tėra sulūžęs ir deformavęsis ietigalis, yla bei pora ašmenuotų smulkių įrankėlių (Merkevičius, 1972, p. 9–15). Be to, pastate taip pat aptiktas dubenėlio formos apie 15 cm skersmens šlako gabalas ir daug paprastų šlako fragmentų (ten pat, p. 16). Salatkienė teigia, kad tiek objekto aprašymas, tiek radiniai jį įtikino, jog tai buvo kalvė (Salatkienė, 2009, p. 75), tačiau, be aptiktų šlakų, minėtų dirbinių fragmentai tikrai nėra geri metalurginės veiklos indikatoriai. Minėtas Imbarėje surastas žaizdras irgi kelia tam tikrų klausimų – autorės nurodytoje 1980 m. tyrimų ataskaitoje paminėta 0,8 m skersmens ir iki 30 cm gylio smailiadugnė duobė, kurioje aptikta nemažai angliukų (Daugudis, 1980, p. 33). Be to, atliekant minėtus tyrimus aptikta daug panašios formos duobių, kurios beveik visos iki 1 m skersmens, nevienodo gylio, neretai pripildytos ne tik angliukų, bet ir akmenų bei šukių. Gargažių aptinkama tik retkarčiais. Sunku suprasti, pagal kokius kriterijus nuspręsta, jog minėtas objektas yra žaizdras, juolab kad gyvenvietėje gausu panašios formos duobių. Išsamiausiai aprašytas ir geriausiai fiksuotas objektas yra Lieporiuose. Nors nebuvo aptikta pastato egzistavimo įrodymų, šį objektą Salatkienė įvardija kaip kalvę (Salatkienė, 2008, p. 102–103). Įvardytas objektas buvo aptiktas 5 x 4,5 m netaisyklingos formos duobėje, kurioje fiksuota degėsingų sluoksnių, apdegusių akmenų ir nemažai šlako radinių, tačiau tiksli žaizdro vieta nebuvo nustatyta, tik pasamprotauta apie jo galimą poziciją pagal šlako ir angliukų koncentracijas. Monografijos išvadose, panašu, pagal šį objektą Salatkienė, išvardijusi pagrindinius archeologinius geležies metalurgijos radinius bei jų bruožus, kalvę išskiria kaip didelę seklią duobę su žaizdu ir priekalu (ten pat, p. 132). Deja, pagal aptiktus radinius sunku įvertinti, ar tai teisingas įvardijimas, nes, turint omenyje Lieporiuose aptiktos metalurgijos pobūdį, didelė šlako ir degėsių gausa vienoje erdvėje, tikėtina, yra kritės apdorojimo vieta. Sąlyginai maži geležies metalurgijos radinių kiekiai Lietuvoje, tačiau archeologiniuose objektuose aptinkama geležinių dirbinių gausa, anot Salatkienės, rodo, jog ne kiekviena bendruomenė buvo įsisavinusi metalurgijos veiklas, o kalvystė ir geležies lydymas buvo atskiri amatai, kurie vystėsi lygiagrečiai (ten pat, p. 130).

Antroji tyrimų kryptis susiformavo praėjusio amžiaus aštuntajame dešimtmetyje, kai pasirodė pirmieji konkretūs juodojo metalo dirbinių apdirbimo – kalvystės technologijų ir raidos klausimus sprendžiantys tyrimai, paremti metalografinėmis makro- ir mikrošlifų, cheminės sudėties analizėmis bei kitais techniniais parametrais. Šių darbų pradininkas Lietuvoje – Jonas Stankus (1937–2022), 1971 m. apgynęs disertaciją „Geležies dirbinių gamybos technologijos istorija Lietuvoje II–XIII amžiais (Lietuvos TSR archeologiniuose paminkluose rastų geležies dirbinių metalografinių tyrinėjimų duomenimis)“ (Stankus, 1971). Deja, dėl įvairiausių priežasčių nepavykus išspausdinti monografijos, jo be galo svarbų indėlį į Lietuvos archeometalurgiją teko publikuoti atskirais straipsniais, kurie, gaila, išsamumu ir apimtimi nuo pirminės disertacijos gerokai skyrėsi. Nepaisant šios problemos, buvo publikuoti net 9 metalografiniais tyrimais grįsti straipsniai, kurie unikalūs tiek lokaliu, tiek tarptautiniu mastu dėl gana plačios tyrimų apimtys (iš viso ištirti 922 dirbiniai iš įvairių II–XVI a. objektų!) (Stankus, 2024, p. 204). Archeometalurgijos srityje J. Stankus iš esmės apsiribojo kalvystės technologijų tyrimais, tačiau šiek tiek dėmesio yra skyręs ir geležies lydymo klausimams (Stankus, 2001). Kalvystės vietų klausimo tyrėjas išsamiai nėra nagrinėjęs, apsiribojo tik galimų kalvystės technologinių tradicijų vyravimo tam tikruose lokaliuose regionuose įvardijimu (Stankus 2024, p. 253). Svarbu paminėti, kad, be Jono Stankaus, metalografinius tyrimus kalvystės technologijų ir raidos klausimams spręsti pasitelkė Jonas Navasaitis ir Aušra Selskienė, taip pat pritaikydami šias tyrimų metodikas įvairiems geležies lydymo klausimams spręsti (Navasaitis, Selskienė, 2007).

Trečioji tema, glaudžiai susijusi su pirmąja aptarta, yra geležies lydymo klausimų sprendimas. Šiuo atveju archeologinių radinių ir konteksto analizė daugiausia derinama su įvairių technikos mokslų teorija ir tyrimais. Šis požiūris neapsiriboja vien tradiciniais archeometalurgijos metodais, tokiais kaip metalografiniai tyrimai, bet taiko platesnį gamtamokslinį spektrą. Archeometalurgijos problemų analizė, pritaikant tradicinius metodus, palanki tuo, kad ji leidžia remtis jau sukaupta duomenų baze, kuri yra pakankama lyginamajai analizei ir prieinama net tyrėjams, turintiems ribotą patirtį šioje srityje. Tačiau platesnis gamtamokslinių metodų ar žinių taikymas kelia didesnius reikalavimus tyrėjo kompetencijai, nes, norint tinkamai interpretuoti šių metodų rezultatus ir išvengti

klaidingų mokslinių išvadų, neretai reikia specializuotų žinių ir aukštos kvalifikacijos. Pagrindinis išskirtinas šiai temai ypatingas veikalas yra dr. Jono Navasaičio, ne archeologo, o Kauno technologijos universiteto Metalų technologijos katedros metalurgo, technikos mokslų atstovo, monografija „Lietuviška geležis“ (Navasaitis, 2004). Nors šis darbas publikuotas anksčiau, negu prieš tai aptarta B. Salatkienės monografija ir irgi tiria įvairias metalurgijos, daugiausia geležies lydymo, problemas, jis išskirtinas į atskirą temą dėl itin išsamios archeometalurgijos temų apžvalgos gerai pagrįstu technologiniu teoriniu lygmeniu. Darbas unikalus tuo, kad įvairius klausimus, į kuriuos neįmanoma atsakyti pasitelkus vien archeologinius duomenis, jis sprendžia remdamasis technikos mokslų teoriniu pagrindu. Pavyzdžiui, detaliam analizuojami ir rekonstruojami vidiniai metalurginiai procesai rudnelėje (Navasaitis, 2004, p. 75). Be to, J. Navasaičio monografija yra reikšminga archeologams, nes joje pateikiama vertingų išvalgų, padedančių lengviau identifikuoti ir tiksliau aprašyti radinius, susijusius su geležies gavyba ir apdirbimu, pavyzdžiui, skirtingus šlakus ir jų susidarymo aplinkybes (Navasaitis, 2004, p. 77).

„Lietuviškoje geležyje“ kalvės, kalvystės vietos ar apskritai kalviškoji veikla iš esmės buvo apžvelgtos aptiktų kalvio žaizdų bei „kalviškų šlakų“ radaviečių atvejais, taip pat šiek tiek nagrinėtos galimos jų atsiradimo aplinkybės (ten pat, p. 87–90). Be prieš tai aptartų Lieporių, Eketės, Imbarės bei Paplienijos radaviečių, autorius pamini objektus iš Aukštadvario piliakalnio gyvenvietės ir Kerelių piliakalnio. Nors mokslininkas teigia, kad Imbarėje ir Paplienijoje aptikti geriausiai išlikę kalvio žaizdai, plačiau nagrinėja tik Paplienijos atvejį. Imbarės atvejis šiek tiek buvo aptartas anksčiau, tačiau pažymėtina, jog Salatkienė, aptardama Imbarės žaizdą, nurodo 1980 m. ataskaitą, o Navasaitis – 1978 m. tyrimų ataskaitą (Daugudis, 1978) be tikslų puslapių, tad iki galo nėra aišku, apie kurį židinį yra kalbama, juolab kad gyvenvietės tyrimų ataskaitose aprašyta gausybė itin panašių židinių. Paplienijos žaizdras unikalesnis – jis buvo apie 30 cm skersmens, į dugną siaurėjančios duobelės formos ir išplūktas moliu, o jo viršus sutvirtintas moliu sulipintais akmenimis. Tarp akmenų, be angliukų ir gargažių, rasta stambi gargažė su pūstuvo ertme, kurios viena pusė, turėjusi kontaktą su ugnimi, pasižymi lygesniu, žalsvai pilkos spalvos paviršiumi, o kita pusė – rusvos ar rausvos degto molio spalvos (Navasaitis, 2004, p. 88–89). Be unikalios pūstuvo gargažės, dar atrasta vadinamojo „kalviškojo šlako“, kuris su kitais Paplienijos šlakais papildomai yra tyrinėtas Aušros Selskienės (Selskienė, 2007a). Be Paplienijos šlako, taip pat analizuoti Lieporiuose, Bakšiuose bei Aukštadvaryje rasti šlakai (Selskienė, 2007b). Verta paminėti, kad šlakai, kurie yra įvardyti kaip „kalviškieji“, yra susiję su įvairiais probleminiais aspektais, dėl kurių jų negalima užtikrintai laikyti kalviškais. Ši problematika nagrinėjama vėlesniame skyriuje. J. Navasaičio išskirtas Aukštadvario atvejis taip pat pasižymi šio tipo šlako radiniu (Navasaitis, 2004, p. 89). J. Navasaičio paminėtas Kerelių piliakalnio atvejis irgi neįprastas. Autorius tiksliai neaprašė ir nesvarstė, kas ten buvo atrasta. Iš nurodytos Elenos Grigalavičienės 1984 m. atliktų tyrimų ataskaitos gana aišku, kad aptikti metalurginės veiklos objektai – geležies lydymo rudnelė ir anglies degimo duobės – tyrėjos buvo įvardyti teisingai. Išskirtinių šlakų ar kitų bruožų, leidžiančių manyti kitaip, nebuvo nurodyta. Aišku, sudėtinga tai vertinti neturint vaizdinės medžiagos, nes autorė ne vienoje vietoje pažymi struktūras, kurios „apsiliejusios metalu“, ar randami „metalo liejiniai“ ten pat, kur randama gargažių (Grigalavičienė, 1985, p. 33–34), o jų pjūviuose, deja, nieko panašaus nepavaizduota. Be to, randami geležiniai dirbiniai ar jų fragmentai (smeigai, peilių fragmentai, pjautuvai, pentinis kirvelis, nulūžusi ietigalio įkotė ir kiti fragmentai) labiau primena kasdienę ūkinę veiklą, o ne kalvišką.

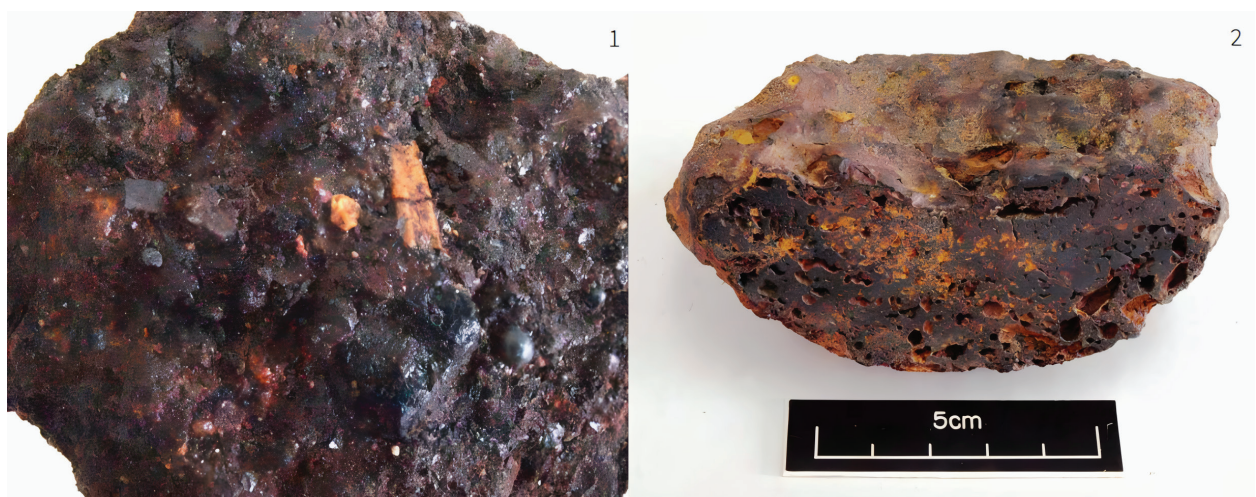
Apibendrinant galima teigti, kad Lietuvos archeometalurgijos tyrimų lauke iki šiol dominavo trys pagrindinės kryptys: 1) geležies lydymo tyrimai, grįsti archeologinių tyrimų rezultatų analize; 2) kalvystės technologijų ir raidos tyrimai, grįsti metalografinė analize; 3) technologiniai geležies lydymo tyrimai, paremti gamtamokslio principais. Šias kryptis iš esmės suformavo trijų pagrindinių tyrėjų darbai, kurie ne tik pateikė naujų duomenų, bet ir konsolidavo visą ankstesnę fragmentišką įdirbį, taip sukurdami metodinį pagrindą tolesniems tyrimams. Vis dėlto kalvystės vietų identifikavimo problematika liko menkai paliesta – kalvystė dažniausiai minima tik epizodiškai, remiantis pavieniais ir ne visada patikimais indikatoriais ar iki galo neaiškiomis interpretacijomis. Tai išryškina poreikį atnaujinti šios srities problemų tyrimus – esamą duomenų pagrindą papildyti naujais duomenimis ir metodikomis.

„Kalviškojo šlako“ problematika

Kaip buvo rašyta anksčiau, Lietuvos archeologijoje kalvystės veikla neretai buvo išskiriama ir interpretuojama pagal geležies archeometalurgijoje mažai tyrinėtą radinį – „kalviškąjį šlaką“. Tiesa, remiantis užsienio duomenimis ir kalvių praktikų dėka yra pagrindo manyti, jog ši atliekų grupė nebūtinai yra akivaizdus kalvio veiklos indikatorius, todėl yra privaloma platesnė šios atliekos analizė ir jos terminijos apsvaistymas.

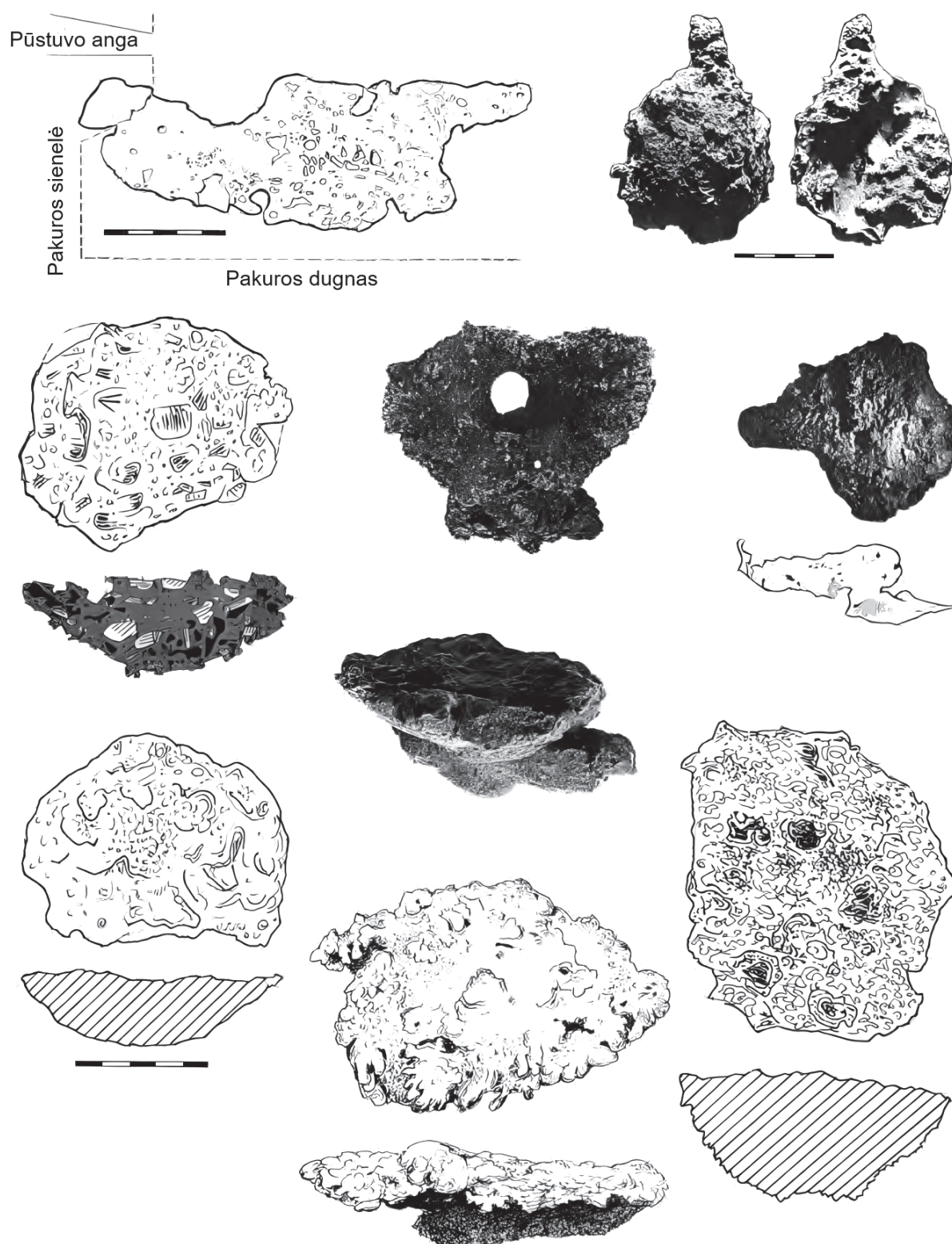
„Kalviškieji šlakai“ (1–2 pav.) mums aktualioje medžiagoje daugiausia nagrinėti J. Navasaitis ir A. Selskienės (Navasaitis, 2004, p. 88–90; Selskienė, 2007a; Selskienė, 2007b). Šie šlakai nuo įprastų, susijusių su geležies lydymu, tokių kaip tekieji, sunkieji dugno, lengvieji dugno ir sienelių šlakai (Navasaitis, 2004, p. 48–50), skiriasi įvairiais bruožais. Jie įprastai pasižymi dubenėlio forma, todėl neretai anglų kalboje gali būti įvardijami „*plano-convex slag*“ (Serneels, Perret, 2003, p. 469). Spalva gali varijuoti tiek pat, kiek ir lydymo šlakų spalvos, tačiau atliekant cheminės sandaros analizę yra pastebėta, kad iš tų pačių objektų imtame „kalviškajame šlake“ tam tikrų elementų, palyginti su lydymo šlaku, yra mažiau (Selskienė, 2007a, p. 68), arba „kalviškojo šlako“ sandara yra panaši į rudnelių tekaus šlako sandarą (Navasaitis, 2004, p. 89). Šių šlakų dydis gali būti nuo kelių, keliolikos, retkarčiais iki 30 cm skersmens ir sverti nuo kelių gramų iki poros kilogramų (Pleiner, 2006, p. 113). Lieporių, Bakšių ir Aukštadvario šlakų tyrimų duomenimis, šie šlakai galėjo susidaryti kaip kalvio veiklos produktas, nes jų pjūviuose aptikta iš dalies ištirpusių įkaitinto metalo apdirbimo metu susidariusių paviršinių oksidų (angl. *hammerscale*) ir kvarcinio smėlio, kalvio tikriausiai naudoto kaip flusas suvirinimo metu, pėdsakų (Selskienė, 2007b, p. 27).

Lietuvos archeologijoje šie šlakai yra mažai nagrinėti, tačiau užsienio medžiagoje dėl jų yra gerokai daugiau diskusijų. Ši tyrimų disproporcija yra gana natūrali, turint omenyje santykinai nedidelius Lietuvos geležies metalurgijos radaviečių skaičius ir tik platesnį šlakų iš kai kurių radaviečių ištirtumą. Pavyzdžiui, Lieporių atveju tyrimų metu aptikta tik per 400 kg įvairaus metalurginio šlako (Salatkienė, 2009, p. 107). Užsienio tyrimuose neretai galime aptikti pavyzdžių metalurginių kompleksų, tokių kaip Haithabu, kur aptiktų įvairių šio tipo šlakų, pūstuvų ir kitokių šlakų bendra masė siekia net 3,4 tonos (Westphalen, 2004, p. 25). Šio tipo šlakai į archeometalurgų akiratį papuolė gana vėlai dėl paprastos priežasties – tiek lydymo, tiek šių šlakų išoriniai bruožai gana panašūs, todėl įprastai šios atliekos buvo laikomos tos pačios kilmės. Įvairūs atvejai, kai šio tipo šlakai buvo



1 pav. Žaizdro dugno šlakai, atrasti Kolčesteryje, Jungtinėje Karalystėje. 1 – šlakas, aplipęs kalimo oksidais (paviršius 20 mm pločio); 2 – dubenėlio formos šlako pjūvis (pagal Historic England, 2015, p. 36).

Fig. 1. Forge-hearth slags discovered in Colchester, United Kingdom. 1 – Slag encrusted with hammerscale (surface 20 mm wide); 2 – Cross-section of a plano-convex slag (after Historic England, 2015, p. 36).



2 pav. Įvairūs dubenėlio formos (angl. *plano-convex*) šlakai iš skirtingų Europos vietų ir laikotarpių (pagal Pleiner, 2006, p. 121).

Fig. 2. Various plano-convex slags from different European sites and periods (after Pleiner, 2006, p. 121).

atrasti ir identifikuoti ne grynai metalurginėse zonose, o gyvenvietėse, kaimuose, piliavietėse ar netgi vienuolynuose, lėmė naujas pastangas įvardyti jų kilmę (Pleiner, 2004, p. 664). Atliekant išsamias analizes yra pastebėtos tam tikros savybės, pavyzdžiui: 1) didelis struktūrinis heterogeniškumas, sluoksniavimasis ir elementinės sandaros panašumas į gretimų lydymo šlakų sandarą, su papildomais pelenais ir molio cheminei sandarai būdingais oksidais (Historic England, 2015, p. 36–37); 2) regimos papildomos pašalinės medžiagos, kaip spalvotųjų metalų tarpai (Pleiner, 2006, p. 117); 3) specifinės formos, susidariusios žaizdro formos ugniavietėje ar pakuroje vykdytų procesų metu, leidžiančios identifikuoti pasikartojančius morfologinius bruožus (Serneels, Perret, 2003, p. 473–476). Išvardytos savybės akivaizdžiai rodo, kad šie šlakai toli gražu nėra to paties proceso ar veiklos atliekos. Tyrimai indikuoja įvairias atsiradimo priežastis – nuo kritės apdirbimo ir perdirbimo, perlydymo (pagal panašumą į lydymo šlakus), intensyvaus kalviško virinimo ir įprastos kalviškos veiklos (įvairių priemaišų pėdsakai), ar žaizdro perkaitinimo minėtų procesų metu (Charlton, 2007, p. 47). Eksperimentiniai kalvystės bandymai irgi nepasižymi pastovia ir vientisa išeiga – kartais susiformuoja tik mažas, 5 cm skersmens šlakas (Pleiner, 2006, p. 113), kartais apskritai šlakas fragmentiškas, iki galo nesusiformuojantis (Dunster, Dungworth, 2012, p. 5).

Eksperimentinių bandymų varijuojanti išeiga nestebina. Dabarties kalviai neretai dirba gana moderniomis sąlygomis, žaizdro kurui naudojama akmens anglis, kalviškajam virinimui – modernūs flusai, kaip antai boraksas, žaizdrų konstrukcijos yra plieninės, o žaliava be šlako priemaišų ir apskritai neturi būti perdirbima iš priemaišų pilnos kritės (ten pat, p. 8). Dėl šių aplinkybių tokie šlakai, kaip aptinkami archeologiniame kontekste, visiškai neturi sąlygų susiformuoti, todėl dabarties kalviams neretai šis fenomenas nėra žinomas. Apklausus žymius aukšto lygio lietuvių kalvius rekonstruktorius, kalančius archeologinių dirbinių rekonstrukcijas autentiškais metodais, paaiškėja, kad „kalviškojo šlako“ terminas jiems yra žinomas visiškai kitokiame kontekste. Įprastai kalvystėje „šlaku“ yra bendrai vadinami visi nešvarumai, atsiradę dirbant, tačiau dažniausiai terminas taikomas karšto metalo apdirbimo metu ant paviršiaus susidariusiems oksidams, kurie panašūs į smulkius, plonus lukštelius (3 pav.), pavadinti (Adomas Sviklas; Tomas Vosylius, žodinė informacija, 2025-06-19). Anglakalbėje literatūroje ši atlieka vadinama *hammerscale* (tiesiogiai išvertus „*plaktuko žvynai*“, arba „*kalimo žvynai*“) ir archeometalurgijoje ji yra analizuojama kaip visiškai atskira atlieka (Starley, 1995), tačiau ją apžvelgsime vėliau. Apskritai, minėti meistrai neigia dubenėlio formos šlakų atsiradimą savo modernios praktikos metu, net kai atlieka intensyvią kalviško virinimo veiklą. Kalviško virinimo metu yra būtina švari, redukuojanti atmosfera žaizdro pakuroje, neleidžianti ant ruošinių paviršių susidaryti oksidui, kuris trukdytų kokybiškai susijungti paviršiams (Rehder, 2000, p. 136). Flusas šiuo atveju yra tik pagalbinė medžiaga, kuri, kruopščiai nedideliais kiekiais užberta ir išsilydžiusi ant karšto metalo paviršiaus, neleidžia susidaryti oksidams (Navasaitis, 2004, p. 97). Pradinio suvirinimo metu suduodant pirmuosius smūgius kūju, išsilydęs fluso ir oksidų mišinys išskrieja iš virinamo dirbinio. Dėl šio proceso specifikos perteklinis fluso naudojimas kaip tik gali pakenkti procesui, todėl vargu ar didesnio dydžio kalviškieji šlakai galėjo susiformuoti dėl smėlio fluso, ypač atsižvelgiant į šiems šlakams būdingą sluoksniuotumą – kai kuriais atvejais sluoksnių storis siekia 10–12 mm (Selskienė, 2007a, p. 62). Itin vertingų įžvalgų šia tema pateikė vokiečių kalvis Götzas Breitenbücheris – rekonstrukcinės kalvystės ir eksperimentinės archeologijos praktikas, daugiau nei tris dešimtmečius besispecializuojantis geležies amžiaus geležies lydymo, kalvystės ir rekonstrukcijos srityse, dirbęs su įvairiais Europos muziejais, universitetais bei tarptautiniais projektais. Meistras pažymi, jog kalviško suvirinimo metu šlakai gali susidaryti, tačiau jie itin menki ir nuolat iš pakuros išvalomi, kad netrukdytų tolesniems procesams. Daug didesni šlakai susidaro unikalaus kritės perdirbimo metu, kai kritė yra perlydoma žaizdre. Perlydimo tikslas gali būti skirtingas – vienas yra žaliavos švarinimas, kitas – švarinimas ir papildomas įanglinimas. Anot meistro, procesas nėra imlus laikui – esą kritę įmanoma perlydyti į plieną per apytiksliai 20 minučių, prarandant beveik 50 % pirminės žaliavos, tačiau nuostolio nepaisoma, nes išgaunama gerokai kokybiškesnė žaliava (Götz Breitenbücher, žodinė informacija, 2025-07-05). Analogišką išeigą ir sąnaudas liudija ir dokumentuoti eksperimentai, kai per 30 minučių perlydant 675 g žaliavinį strypą, gaunami tik 392 g žaliavos (Sauder, 2013, p. 108).

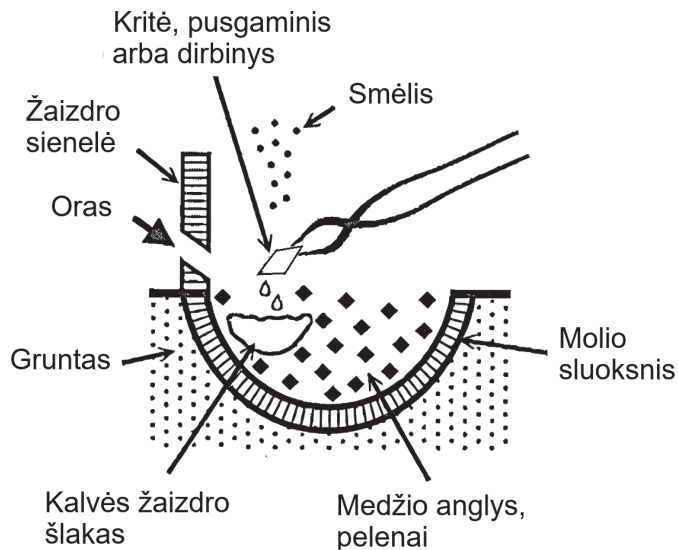
Šis kritės perlydymo procesas taip pat yra aprašytas istoriniuose šaltiniuose. Seniausias žinomas šio proceso paminėjimas yra Antikos filosofo Aristotelio veikale „Meteorologica“, kur yra trumpai aptariamas kelių



3 pav. Modernios kalvystės kalimo oksidai. Autorius Matas Bodrijė.

Fig. 3. *Hammerscale from modern blacksmithing.* Author: Matas Bodrijė.

kartų kritės perlydymas švarinimo ir plieno gamybos tikslais (Lee, 1952, p. 325). Lygiai tas pats procesas yra gerokai išsamiau aprašytas XVIII a. pabaigoje Norvegijoje (Evenstad, 1780). Kritė perlydoma plokštesnį dugną turinčiame žaizdre, kurio matmenys apytikriai 11–12 colių (~ 28,6–31,2 cm) statmenai į šonus nuo pūstuvo, apie 10 colių (~ 26 cm) pločio ir su 1 colio (~ 2,6 cm) tarpu tarp pūstuvo ir dugno. Procese minimas šlako atskyrimas nuo geležies, tačiau šlako dydis, kiekis ar forma nėra nurodomi (ten pat, p. 437–440). Perlydymas į plieną atliekamas tame pačiame žaizdre, padidinus tarpą tarp pūstuvo ir dugno žaizdro iki 2 colių (~ 6,2 cm), kad būtų vietos kauptis naujai perlydomam plienui. Taip pat aprašomas smėlio naudojimas perlydymo į plieną metu plieno masės konsolidavimui virinant, nes ji po pirminių perlydymo momentų yra padrika, o be to, minimas ir apytiksliai pusės pirminės žaliavos netekimas lydant (ten pat, p. 440–441). Aprašant abu procesus nėra plačiau detalizuojama gaunamų šlakų morfologija, tačiau, lyginant istorinius šaltinius su šių laikų kalvių praktika, procesai yra identiški. Turint omenyje kalvių praktikų patirtį, eksperimentų rezultatus ir istorinių šaltinių duomenis, akivaizdu, kad šio proceso metu prarandama nemažai originalaus perlydomo tūrio, todėl mūsų aptariamai šlakai susidaro būtent dėl šios priežasties. Neretai šio tipo šlakų kilmė iliustruojama tokio pobūdžio žaizdro pjūvio schema (4 pav.), kurioje autorių nurodyta sąvoka *kalvės žaizdro šlakas* (Selskienė, 2007a, p. 54). Ši schema iš esmės teisingai atspindi patį šlako susidarymo mechanizmą, tačiau, kaip diskutuojama šiame darbe, tokie šlakai nebūtinai visada susiformuoja kalvystės metu – jie gali būti ir kitų procesų (pvz., kritės perlydymo ar kitų metalurginių veiklų) rezultatas. Todėl šią iliustraciją reikėtų vertinti kaip bendrą supaprastintą šlako atsiradimo principą, o ne neabejotiną kalvės veiklos įrodymą.



4 pav. Supaprastinta žaizdro pjūvio schema ir šlako susidarymas (pagal Selskienę, 2007a, p. 54). Schema iliustruoja atliekos susidarymo principą, tačiau jos kilmė nebūtinai siejama vien su kalvyste.

Fig. 4. Simplified cross-section of a forge hearth and slag formation (after Selskienė, 2007a, p. 54). The diagram illustrates the principle of slag formation, though its origin is not necessarily related solely to blacksmithing.

Svarbu pabrėžti, kad neretai archajinės kalvystės ir metalurijos problematika yra sprendžiama pasitelkus dabarties kalvius praktikus, todėl lietuviško archeologinio „kalviško šlako“ termino turinio neatitiktis dabarties lietuvių kalvių praktikoje vartojamam terminui „šlakas“ gali kelti nemažų nesusipratimų. Anglakalbėje terpėje ši problema nėra tokia žymi, nes anglų kalboje kalimo metu susidaręs oksidas turi atskirą terminą „*hammerscale*“ arba tiesiog „*scale*“, o aptariamai šlakai įvardijami įvairiai, atsižvelgiant į jų morfologiją: „*forge-hearth slag*“, „*purification slag*“, „*plano-convex slag*“. Grįžtant prie lietuvių kalbos, remiantis „Visuotinė lietuvių enciklopedija“, kalvystė tradiciškai reiškia plastišką metalo manipuliavimą mechaniniu būdu (Viselgienė, 2018), todėl atliekų, kurios vadinamos „kalviškomis“, turėtų atsirasti tiesiogiai kaip minėtos veiklos produktų. Turint omenyje, kad aptariamai šlakai susidaro nebūtinai vykstant kalviškai veiklai, nusistovėjęs jų pavadinimas „kalviškasis šlakas“ yra nevertotinas ir, visais turimais duomenimis, netgi klaidinantis. Norint išvengti tolesnių nesusipratimų, vietoj senojo termino vertėtų vartoti „žaizdro dugno šlako“, „žaizdro pakuros šlako“ arba „*dubens formos šlako*“ ar atitinkamus terminus, atsižvelgiant į jų nustatytą morfologiją, o kalviams praktikams žinomą šlaką, t. y. ant karštos geležies susidarantį oksidą, angl. *hammerscale*, akademiniame erdvėje įvardyti kaip „kalimo oksidą“. Tokie terminai aiškiau nurodytų, apie kurią gamybos atlieką yra kalbama ir tolesnis temos nagrinėjimas bendradarbiaujant akademikams bei praktikams būtų sklandesnis.

Taigi „kalviškieji šlakai“, kurie ilgą laiką laikyti kalviškos veiklos indikatoriais, nėra aiškiai susiję su kalvio amatu, nes jų morfologinės ir cheminės savybės rodo galimą kilmę iš kitų procesų, tokių kaip kritės perlydymas. Šių šlakų randama įvairiose vietose, kur jų buvimas nebūtinai reiškia kalvės egzistavimą ar ilgalaikę kalvio veiklą, o gali būti susijęs su kitomis metalurginėmis praktikomis. Ši situacija išryškina būtinybę tikslinti terminologiją ir aiškiai atskirti skirtingas atliekų kategorijas, kad būtų išvengta nesusipratimų ir sudarytos sąlygos nuoseklesniam bendradarbiavimui tarp akademikų ir praktikų.

Kalvystės bruožai ir jų identifikavimas

Kadangi Lietuvos archeologijoje iki šiol nėra suformuotų nuoseklių metodologinių kalvystės vietų identifikavimo gairių, būtina remtis tiek užsienyje sukaupia patirtimi, tiek paties amato specifikos analize. Kalvystė yra veikla, kurios ilgalaikis ir profesionalus pobūdis palieka kitokį archeologinį pėdsaką nei epizodiška ar keliaujančio amatininko praktika. Pastaruoju atveju veiklos ženklai gali būti minimalūs arba visai neišlikti, todėl vien tik akivaizdžių struktūrų ar didelių radinių paieška ne visada leidžia atpažinti kalvystės buvimą. Dėl šios prie-

žasties būtina skirti du analizės lygmenis. Makrolygmens bruožai orientuojasi į stambius, akivaizdžius *in situ* radinius – pastatų liekanas, žaizdų konstrukcijas, įrangos fragmentus ar kitų atliekų sandėlius. Tačiau toks požiūris ne visada pakankamas, nes dalis kalvystės procesų gali būti neatpažįstami arba pernelyg fragmentiškai išlikę. Mikrolygmens bruožų analizė leidžia pasitelkti mažiau pastebimus arba plika akimi neregimus, bet itin informatyviuos radinius, tokius kaip kalimo oksidai, kurių tyrimai suteikia patikimiausią pagrindą kalvystės vietų identifikavimui ar net sprendimui dėl amato diferenciacijos ar intensyvumo.

Makrolygmens bruožai

Makrolygmens bruožų analizėje pirmiausia išskirtina pastato būtinybė ir darbo aplinkos sąlygos, kurios buvo lemiamos ilgalaikiai ir profesionaliai kalvystės veiklai. Pastato būtinybė pagrindžiama dviem faktoriais. Vienas akivaizdus faktorius yra įrangos, amatininko ir jo vykdomos veiklos apsauga nuo išorinių veiksnių, tokių kaip prastos oro sąlygos. Kitas faktorius kyla iš paties amato veiklos niuansų – apsauga nuo tiesioginio saulės apšvietimo. Kalvystės praktikoje skirtingi procesai priklauso nuo skirtingos metalo įkaitinimo temperatūros, pavyzdžiui, kalviškajam suvirinimui būtina didesnė kaip 920–1100 C° temperatūra (Pleiner, 2006, p. 59), kurią, be modernių technologijų, įmanoma nustatyti tik vizualiai pagal spinduliuojamą spalvą (Rehder, 2000, p. 11–12). Įkaitusio metalo temperatūrą rodo spalva, kurią lemia juodojo kūno spinduliavimo dėsnis – kiekviena spalva atitinka tam tikrą temperatūrą, kuri priklauso nuo spinduliuotės maksimumo bangos ilgio pagal Vieno poslinkio dėsnį. Tačiau saulės šviesa, būdama plataus spektro ir didelio intensyvumo, užgožia šią metalo skleidžiamą spinduliuotę. Žmogaus akis tokiomis sąlygomis neskiria subtilių švytėjimo pokyčių, nes saulės atspindėta šviesa yra daug stipresnė, o regos sistema prisitaiko prie aplinkos ryškumo, filtruoja silpnesnius šviesos šaltinius ir iškraipo suvokiamą spalvą (OpenStax, 2016, p. 240–243). Metalografinių tyrimų rezultatai rodo, kad kalviškasis suvirinimas buvo neatsiejama archajinės kalvystės dalis (Stankus, 2024, p. 217), todėl natūralu, jog ilgalaikiai profesionaliai kalvystės veikla galėjo būti užsiimta tik prietemoje, šešėlyje, bent trisienio pastato viduje. Kruopštus temperatūros reguliavimas kalviškai virinant smulkius ar svarbius didelės vertės dirbinius yra gerokai svarbesnis, nei, pavyzdžiui, apdirbant ir konsoliduojant ką tik išgautą kritę, nes kritė yra daug didesnis objektas ir rizika jį sunaikinti dėl per didelės temperatūros yra maža.

Analizuojant ilgalaikės kalvystės makrolygmens bruožus, be pastato būtinybės, neatsiejami yra kalvio įrankiai, kurie laikytini akivaizdžiu, nors ribotu, kalvystės veiklos rodikliu. Jų aptikimas archeologiniame kontekste leidžia konstatuoti bent jau kalvio buvimą, tačiau esant fragmentiškam tyrimų lygiui šie radiniai dažniausiai nesuteikia išsamesnės informacijos apie amato veiklos intensyvumą, pobūdį ar aplinką. Latvijos archeologinėje medžiagoje yra keli tokie pavyzdžiai (Anteins, 1960). Maskatužių kapinyne (III a.) aptiktos apie 30 cm ilgio žnyplės, kūjis, kaltelis ir kiti smulkūs įrankiai, Kokmuizos lobio radiniuose (V a.) rasti du kūjai, du priekalai, kastuvėlis angliai bei gausybė geležinių dirbinių, tarp jų šimtai ietigalių ir kirvių. Vėlyvesni įrankių rinkiniai žinomi ir Talsų bei Mežotnės piliakalnių medžiagoje (X–XIV a.). Šie radiniai neabejotinai liudija kalvio veiklą, tačiau jų tyrimų medžiaga sena, kontekstas prastai dokumentuotas, todėl amato lygmens, veiklos pobūdžio ar organizacijos klausimų jie nespėndžia. Verta paminėti ir išskirtiniu Baltijos regiono atveju laikomą Gotlando Mastermyro lobį, datuojamą IX–X a., kur uždurpėjusiame ežere buvo rasta ažuolinė skrynja su daugiau nei 200 įvairių įrankių, tarp jų kalvystės, medžio apdirbimo ir kitų amatų inventoriaus (Arwidsson, Berg, 1999). Šis radinys dažniausiai interpretuojamas kaip keliaujančio amatininko įrankių rinkinys, tačiau būtent tokio tipo veikla paprastai nepalieka pakankamai apčiuopiamų archeologinių pėdsakų. Dėl to įrankiai, pavieniai ar rasti komplektuose, nors ir reikšmingi kaip papildomas diagnostinis elementas, liudijantis kalvio egzistavimą, deja, nesuteikia reikšmingos platesnės kontekstinės informacijos apie amato specifiką.

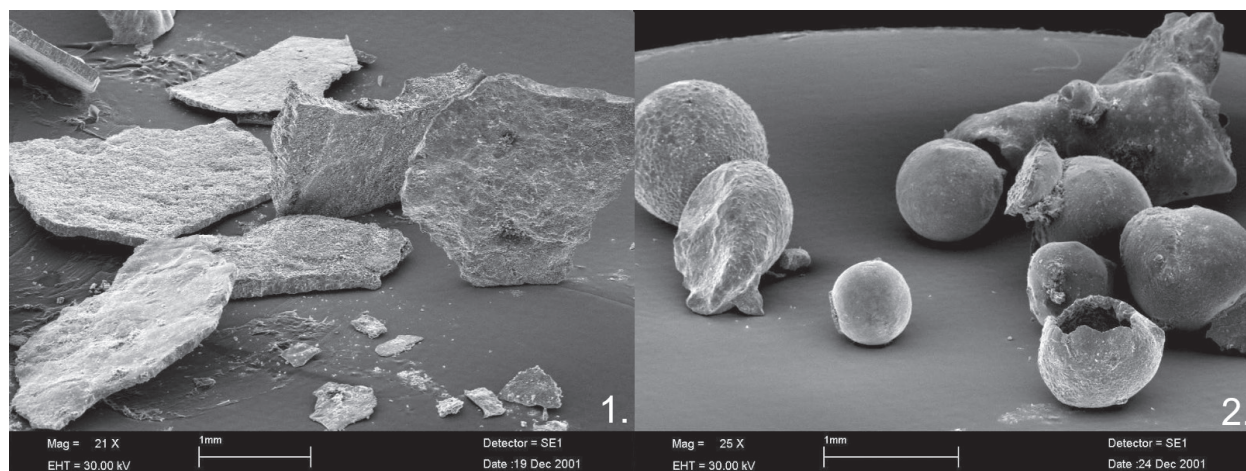
Pastato būtinybė ilgalaikiai kalvystei kyla iš amato specifikos, tačiau archeologiniame kontekste tokios struktūros dažniausiai išlieka fragmentiškai ir ne visada įmanoma pagal pirminius duomenis patikimai identifikuoti jų funkciją. Analogiškai ir įrankių radiniai, nors neabejotinai liudija kalvio buvimą, dėl konteksto fragmentiš-

kumo dažniausiai nesuteikia platesnės informacijos apie veiklos pobūdį. Platesnį sistemingą kalviškos veiklos duomenų apibendrinimą pateikė čekų archeometalurgas Radomiras Pleineris (1929–2015), daugiau nei 60 metų atidavęs šiai sričiai (Hošek, 2015, p. 1–17). Pleineris savo monografijoje *Iron in Archaeology: Early European Blacksmiths* yra apžvelgęs įvairiuose regionuose atrastų kalvių dirbtuvių specifiką nuo Antikos, romėniškojo laikotarpio miestų ir kaimų dirbtuvių iki Viduramžių (Pleiner, 2006, p. 135–178). Autorius pabrėžia, kad norint susidaryti aiškų vaizdą apie aptiktas dirbtuves, jų savybes ir funkciją, būtina turėti šiuos duomenis: 1) pastato tipas, suplanavimas ir matmenys; 2) žaizdro ir galima dumplių pozicija, oro tiekimo sistemos (pūstuvų, dumplių apsaugos priemonių) pėdsakai; 3) priekalas arba užuominos apie galimą jo buvusią vietą; 4) kalimo oksidai, dubenėlio ar kitokios formos žaizdro šlakai, jų kiekis, svoris; 5) galimos medžio anglies atsargos, pelenų sandaupos; 6) geležiniai objektai, dirbiniai, atliekos, įrankiai. Autoriaus apžvelgtų dirbtuvių atveju geriau išlikę pavyzdžiai suteikia tik apie 30–80 % reikiamų duomenų užtikrintam veiklos identifikavimui (ten pat, p. 135). Iš Pleinerio surinktų duomenų apie kalves Šiaurės ir Vidurio Europoje yra aišku, kad šių dirbtuvių veiklą vieni-jančių pagrindinių makrolygmens bruožų pagal *in situ* duomenis trūksta, nes juos nulemia objekto išlikimo iki šių dienų lygis ir buvusios veiklos intensyvumas. Žaizdrų ar kitų konstrukcijų išdėstymas dirbtuvėse, dirbtuvių dydis ir pozicionavimas gyvenvietėse labai varijuoja. Įprastai aptinkami panašūs radiniai, tokie kaip žaizdrų likučiai ir jų atliekos, didelės kalimo oksidų arba žaizdrų šlakų sandaupos, įrangos likučiai (ten pat, p. 149–160). Nors yra įprasta manyti, kad kalvės visuomet dėl priešgaisrinių sumetimų yra statomos gyvenvietės periferijoje, tačiau remiantis Pleinerio apžvalga, akivaizdu, kad tai nėra visada pritaikoma konstanta. Dėl šių priežasčių kalvio ar kitokio pobūdžio metalurginės veiklos identifikavimas privalo remtis kompleksiniu požiūriu pagal visus įmanomus išlikusius bruožus. Prireikus tikslinti kontekstą ar esant akivaizdžiam indikatorių trūkumui visada galima remtis mikrolygmens bruožų duomenimis.

Mikrolygmens bruožai

Vis dėlto pastarųjų dešimtmečių tyrimai parodė, kad mikrolygmens atliekos, pirmiausia kalimo oksidai (angl. *hammerscale*), atveria galimybę daug tiksliau rekonstruoti ir įvardyti metalurgų veiklą, intensyvumą ir netgi nustatyti įrangos išdėstymą. Dėl šių savybių jie tampa patikimiausiu kalvystės vietų identifikavimo rodikliu, galinčiu papildyti makrolygmens požymių schemą. Verta pabrėžti, kad į mikrolygmenį papuola ne tik kalimo oksidai, bet ir kiti plika akimi nematomi radiniai, tačiau pagrindinis dėmesys bus skiriamas būtent oksidams, nes Lietuvos archeologijoje ši atliekų grupė lig šiol nebuvo aptarta.

Kaip minėta anksčiau, šie oksidai susidaro ant įkaitintos geležies paviršiaus dėl kalimo smūgio atšokdami nuo įkaitinto metalo paviršiaus įvairiomis formomis. Tai vyksta absoliučiai bet kokio karštos geležies apdirbimo proceso metu – pradedant kritės gavyba ar apdorojimu ir baigiant įvairiais kalvystės procesais. Dirbtuvių aplinkoje oksidai dažniausiai kaupiasi prie priekalo ir žaizdro, sudarydami koncentruotas sandaupas, kurių lokalizacija, identifikacija ir kruopšti analizė atveria galimybę tiksliai įvardyti vykusią veiklą, jos intensyvumą, netgi buvusių dirbtuvių išsidėstymą (Jouttijärvi, 2014). Pagal formą kalimo oksidai skirstomi į du tipus: 1) plokštelinius oksidus (angl. *flake hammerscale*) – trapias, plonas, juodas ar melsvas oksido plokšteles, susidarančias formuojant įkaitintą geležį (žr. 5 pav., Nr. 1); 2) sferinius oksidus (angl. *spheroidal hammerscale*) – tuščiavidures arba pilnas sferas, atsirandančias dažniausiai kalviško virinimo metu (žr. 5 pav., Nr. 2) (Dungworth, Wilkes, 2009, p. 33). Kalant, mechanškai apdorojant įkaitusį juodąjį metalą, kalimo oksidų susidarymas yra iš esmės neišvengiamas viso proceso metu, todėl ilgalaikė veikla darbo vietoje gali palikti itin dideles jų sandaupas. Eksperimentinių bandymų metu, kai buvo kalamos keltiškų kalavijų kopijos, nustatyta, jog per maždaug 6 valandas darbo ruošinio svoris nuo 643 g dėl oksidacijos prarado apie 173 g vien kalimo oksidų pavidalu (Pleiner, 1993, p. 76). Taip pat yra pavyzdžių, kai vieno dirbtuvių erdvėje archeologiniame kontekste aptikta net 9 kg kalimo oksidų (Pleiner, 2006, p. 153). Nepaisant to, šis oksidas yra itin trapus, todėl ilgalaikėje darbo vietoje vizualiai gali būti net nematomas, o ilgainiui susimaišyti su aplinkoje esančiu gruntu. Dėl to jis neretai gali būti įžiūrimas



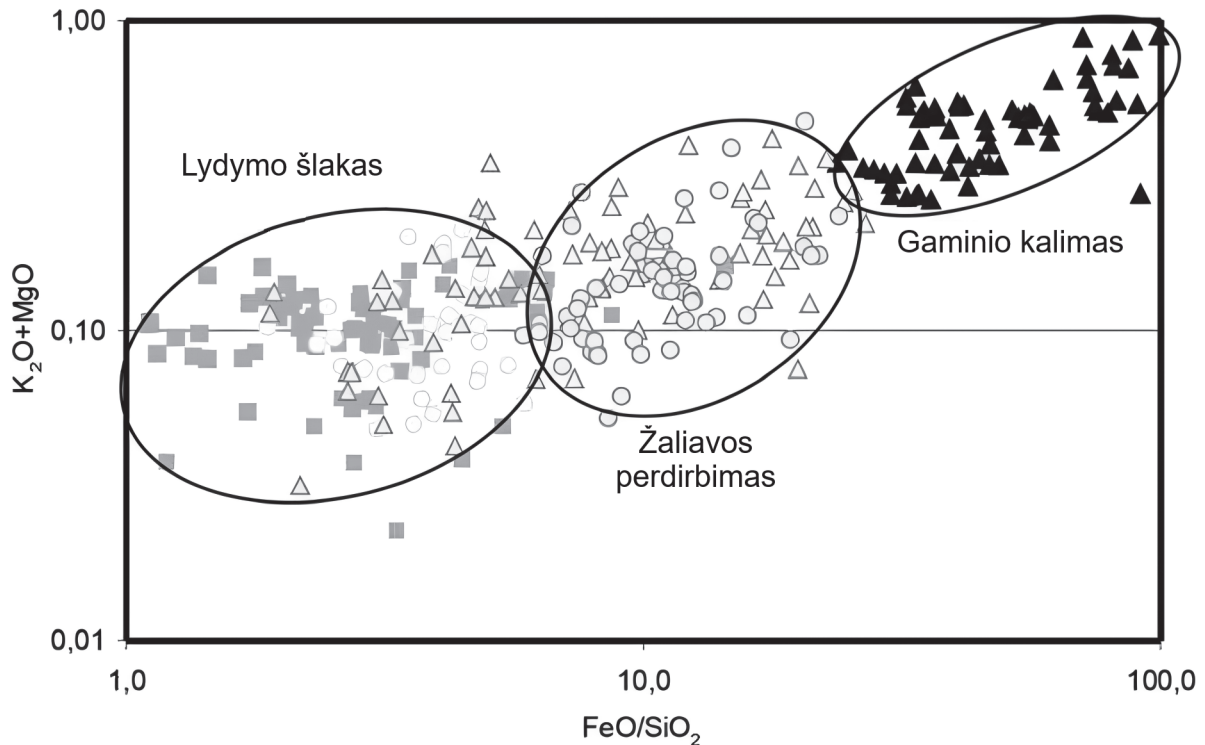
5 pav. Kalimo oksidai mikroskopinės analizės metu. 1 – plokšteliniai oksidai; 2 – sferiniai oksidai (pagal Dungsworth, Wilkes, 2009, p. 33).

Fig. 5. Hammerscale under microscopic analysis. 1 – flake hammerscale; 2 – spheroidal hammerscale (after Dungsworth, Wilkes, 2009, p. 33).

tik atliekant grunto mėginio mikroskopinę analizę, kai matomi ne tik žvynelių, bet ir apskritos formos oksidų fragmentai. Ypač svarbu ir tai, kad šis oksidas yra itin magnetiškas, todėl sancaupos gali būti aptinkamos magnetinį lauką fiksuojančiais metodais, tokiais kaip magnetometrija, magnetinis imlumas arba tiesiog grunto tikrinimas stipresniu magnetu (Historic England, 2015, p. 35). Unikali šių oksidų savybė yra tai, kad jų elementinė sudėtis atspindi skirtingus apdirbimo etapus ir pakuros aplinkos įtaką (Jouttijärvi, 2009, p. 976). Kritės gavybos metu oksiduose dėl iš rūdos susidariusio šlako lieka daug SiO_2 ir kaupiasi pelenų priemaišos (K_2O , CaO , MgO), todėl svarbus ir FeO/SiO_2 santykis; kritės apdirbimo metu, mažėjant šlako kiekiui, oksiduose ryškėja didesnės FeO koncentracijos; o galutinio dirbinio kalimo metu susidariusios plonos oksidų plėvelės yra beveik vien tik iš geležies oksidų su minimaliais priemaišų kiekiais (6 pav.). Be to, atliekant detalesnę oksidų cheminės sudėties bei mikrostruktūros analizę įmanoma ne tik atskirti apdirbimo etapus, bet ir nustatyti, ar dirbtuvėje buvo taikytos sudėtingesnės technologijos, tokios kaip kalviškas suvirinimas ar įanglinimas, taip išryškinant dirbtuvės specializaciją ir meistriškumo lygį (Jouttijärvi, 2015).

Tarptautinė mokslinė draugija *Historical Metallurgy Society*, vienijanti archeologus, metalurgus ir kitus tyrėjus, yra paskelbusi paprastas pagrindines kalimo oksidų identifikavimo gaires, kuriose pabrėžiama, kad šioms atliekoms aptikti dažniausiai pakanka elementarių priemonių (Starley, 1995). Kalimo oksidus aptikti galima paprastu stipriu magnetu, tačiau šis metodas nėra selektyvus – juo gali būti surinktos ir kitos įsimagnetinusios dalelės. Kaip minėta anksčiau, *in situ* oksidų koncentracijos yra galimos tiek aplink kalimo vietą, tiek apie žaizdrus, tiek jų periferinėje aplinkoje, jeigu kontekstas nėra sujauktas ar iš dalies sunaikintas išorinių veiksnių. Taip pat rekomenduojama atskirai tikrinti ir iš archeologinio konteksto paimtus grunto mėginius. Svarbu atkreipti dėmesį, kad mėginius plaunant vandeniu ar archeobotaninės flotacijos metu sferiniai oksidai dėl oro ertmių gali plūduriuoti, o plokšteliniai nugrimzti ir išsilaikyti sietuose ar išplautame grunte. Nepaisant to, net jei specialūs grunto mėginiai nebuvo paimti, naudinga patikrinti radinių maišelius – prie šlako ar kitų objektų prilipęs gruntas dažnai gali turėti oksidų, kuriuos nesunkiai galima surinkti magnetu.

Užsienio tyrimų pavyzdžiai aiškiai rodo, kokias platesnes galimybes atveria sistemingas paprastais metodais identifikuojamų oksidų tyrimas. Analizuojant trijų dirbtuvių Danijoje ir Norvegijoje (Klosterbakken, Rødbøl ir Viborg Søndersø) duomenis buvo nustatytas ne tik kalvystės veiklos faktas, bet ir gana tiksli dirbtuvės vieta bei atliekų sklaida (Jouttijärvi, 2009). Tyrimai atskleidė, kad oksidų koncentracija dirbtuvėse pasiskirsto dėsningai – daugiausia aplink priekalus ir žaizdrus, o ten, kur nuolat stovėjo pats kalvis, jų beveik nėra – taip suformuojamas



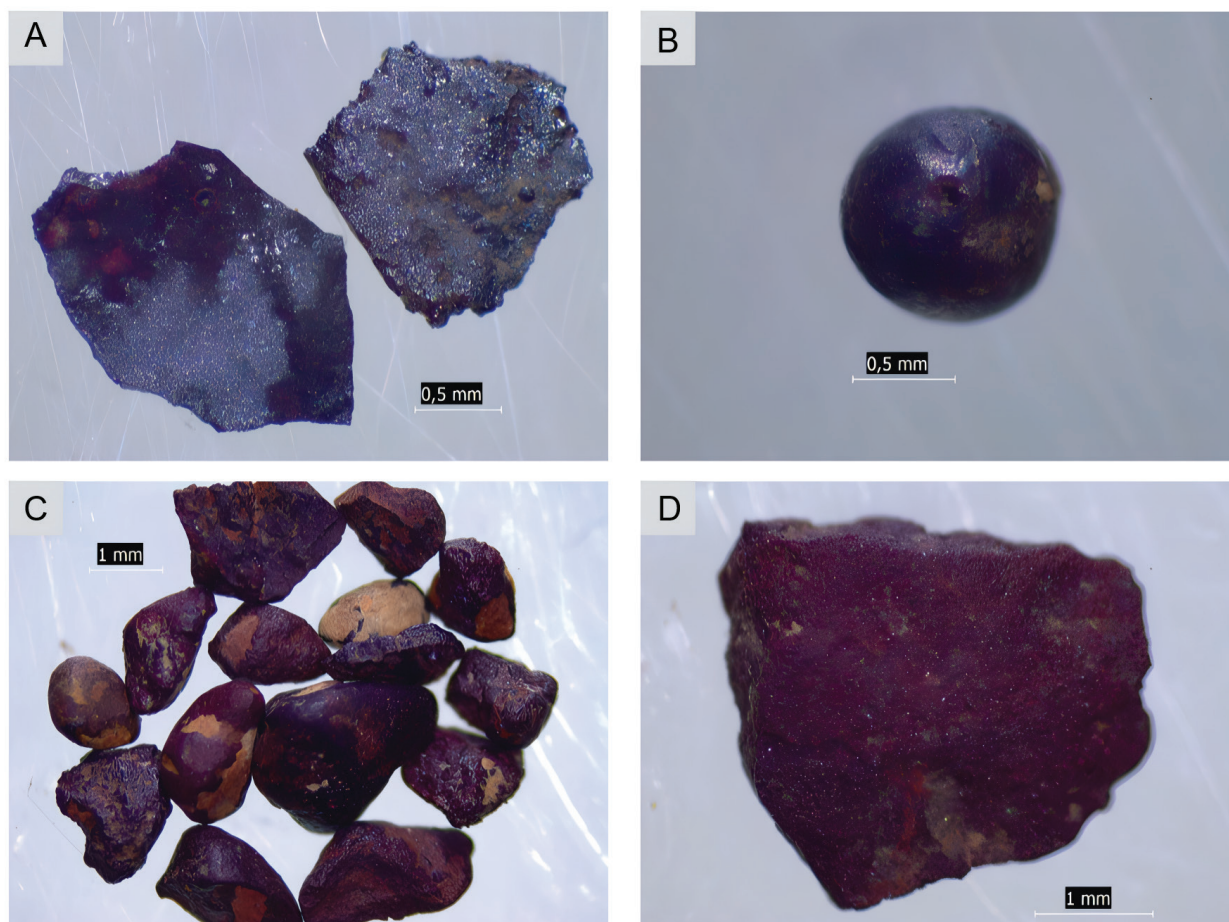
6 pav. Kalimo oksidų sudėties diagrama. Kvadratai – šlakas, apskritimai – sferiniai oksidai, trikampiai – plokšteliniai oksidai (pagal Jouttijärvi, 2009).

Fig. 6. Diagram of hammer scale composition. Squares – slag; circles – spheroidal hammer scale; triangles – flake hammer scale (after Jouttijärvi, 2009).

vadinamasis „šešėlio efektas“. Ypač svarbus Viborg Sønderød atvejis, nes čia dėl vėlesnio ežero patvenkimo dirbtuvės išliko vandens prisikaupusiame sluoksnyje, o organinė medžiaga buvo išsaugota nepaprastai gerai. Tyrimai atlikti kruopščiai dokumentuojant stratigrafinius sluoksnius, taip pat nuosekliai imant grunto mėginius iš pastato zonos, suskirsčius ją 25 x 25 cm dydžio kvadratais. Iš viso surinkta apie 700 grunto mėginių, 50–100 g svorio. Jie buvo sijoti į tris frakcijas, flotacijos būdu atskirtos augalų dalys, o metalurginės atliekos išdžiūvus mėginiams buvo išrinktos magnetu ir išrūšiuotos rankiniu būdu. Pasvėrus atrinktas atliekas ir apskaičiavus originalių mėginių santykinį svorį, dalis atrinkta cheminėms analizėms. Tokia metodika padėjo ne tik tiksliai rekonstruoti dirbtuvių planą, bet ir atlikti didelės raiškos chronologinį datavimą – organinių medžiagų, sėklų ir augalinių likučių tyrimai leido veiklą datuoti ne tik metais, bet net atskirais sezonais (Jouttijärvi, 2014, p. 102–107). Panašaus metodinio tikslumo buvo ir neseniai paskelbtas VI–V a. pr. Kr. Pungrt piliakalnio kalvės tyrimas Slovėnijoje (Gruškovnjak ir kt., 2025). Čia pastato erdvė buvo tyrinėjama analogiškai – paviršius suskirstytas į 0,5 x 0,5 m kvadratus, iš kurių surinkti mėginiai apdoroti flotacijos bei sijojimo būdu, atlikta mikromorfologija ir SEM-EDS analizės. Taikant tokį metodų derinį pavyko identifikuoti kalimo oksidus net milimetrinio dydžio frakcijose (7 pav.).

Diskusija ir rekomendacijos dėl tyrimų gairių

Lietuvos archeologijoje kalvystės vietų identifikavimo klausimas iki šiol buvo spęstas fragmentiškai ir dažnai remiamasi pavieniais radiniais, kurie įprastai yra nepakankami patikimai veiklos identifikacijai. Lietuvos tyrėjai kalviškąją veiklą įprastai įvardydavo pagal „kalviškojo“, t. y. dubenėlio formos šlako, radinius, nedideles frag-

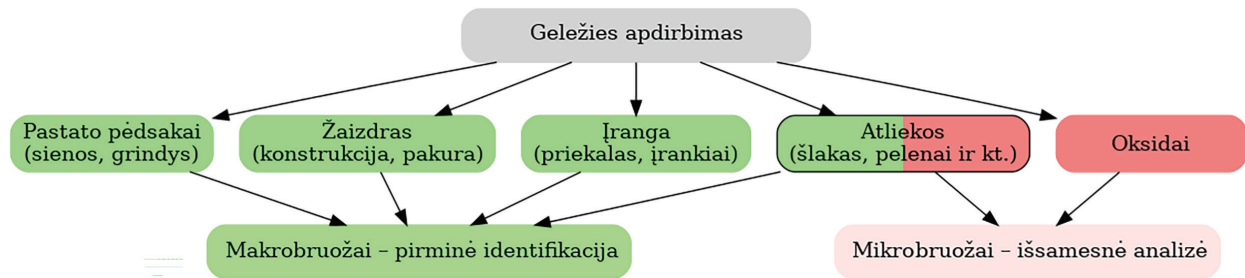


7 pav. Įvairių tipų kalimo oksidų fragmentų nuotraukos. A – plokšteliniai; B – sferiniai; C – įvairialypiai magnetiški; D – silpnai magnetiškas fragmentas (pagal Gruškovnjak et al., 2025, p. 6).

Fig. 7. Photographs of various types of hammer scale fragments. A – flake; B – spheroidal; C – heterogeneous magnetic; D – weakly magnetic fragment (after Gruškovnjak et al., 2025, p. 6).

mentuotų geležinių dirbinių sandrauba ar neaiškios paskirties degėsių ar gargažių pilnas duobes. Tačiau tokie kriterijai, kaip rodo tarptautinė praktika, yra nepakankami ir neleidžia patikimai diferencijuoti, ar konkrečioje vietoje veikė kalvė, ar buvo vykdomos kitokios metalurginės praktikos, – pavyzdžiui, kritės apdorojimas, jos perlydymas ar tiesiog ten kauptos atliekos. Dėl šios priežasties iki šiol Lietuvoje aptikti ir šiame straipsnyje aptarti atvejai vargu ar gali užtikrintai būti vadinami kalvėmis. Todėl siekiant sukurti nuoseklias kalvystės vietų identifikavimo gaires, būtina atsisakyti fragmentiško požymių vertinimo ir pereiti prie kompleksiško ir daugiasluoksnio konteksto vertinimo, jungiančio makro- ir mikrolygmens bruožų duomenis ir papildomus tyrimų metodus. Pagrindiniai geležies apdirbimo veiklos požymiai apibendrinami schemeje, suskirsčius juos į makrolygmens (pirminės identifikacijos) ir mikrolygmens (išsamesnės analizės) bruožų grupes (8 pav.).

Pirmasis kalvystės vietų identifikavimo žingsnis – pirminis atpažinimas, kuris žvalgymų, žvalgomųjų ar detaliųjų archeologinių tyrimų metu paprastai remiasi makrolygmens bruožais. Kaip buvo pažymėta, kalvės vieta gyvenvietės erdvėje gali varijuoti, todėl labiausiai tikėtina, kad jos pirminis aptikimas bus atsitiktinis. Tada, aptikus galimą metalurginę zoną, svarbu identifikuoti kuo daugiau įmanomų pagrindinių bruožų: 1) būvės pastatas; 2) žaizdras, rudnelės ar ugniavietės; 3) galimas oro tiekimo sistemos pozicionavimas ar liekanos; 4) priekalo vieta, akmeniniai ar metaliniai priekalai; 5) didelės matomos atliekų (kalimo oksidų, šlakų, medžio anglies, pelenų) sandrauba; 6) geležiniai dirbiniai ar jų fragmentai bei įrankiai. Pavieniai radiniai, kaip antai



8 pav. Supaprastinta geležies apdirbimo požymių schema – makro- ir mikrolygmens bruožai. Autorius Matas Bodrijė.

Fig. 8. Simplified scheme of ironworking indicators – macro- and micro-level features. Author: Matas Bodrijė

žaizdro dugno šlakas, neįprastos formos ugniavietė ar gargažių sankaupos joje, nėra pakankamas kalviškosios veiklos indikatorius, tačiau grynai kalviški įrankiai, tokie kaip žnyplės, metaliniai priekalai, gali būti aiškus kalvystės įrodymas jeigu ne *in situ*, tai bent archeologiniame objekte ar jo periferijoje. Be šių materialių požymių, pirminiam metalurginių zonų nustatymui gali būti pasitelkiami ir geofiziniai metodai, ypač magnetometrija. Ji leidžia identifikuoti anomalijas, kurios gali rodyti didesnes atliekų sankaupas ar ugnies paveiktas zonas, tačiau tokie duomenys yra tik pagalbiniai ir patikimai interpretuojami tik patvirtinus juos archeologiniais radiniais. Makrolygmens bruožų atveju itin svarbus kompleksinės visumos įvertinimas, kai jau tikrinama, ar archeologinis kontekstas atskleidžia platų dirbtuvei būdingų požymių spektrą. Natūralu, kad visa tai lemia objekto išlikimo lygis, kas vėlgi pabrėžia plataus kokybiško dokumentavimo svarbą. Tokių kompleksinių radinių visuma Lietuvoje nėra išlikusi – aptikti atvejai (Lieporiai, Eketė, Imbarė, Paplienija ir kt.) tėra fragmentiški ir nesuteikia pakankamo pagrindo tvirtai kalvystės veiklos identifikacijai. Net ir Latvijos ar Gotlando įrankių radinių pavyzdžiai, nors gausūs, daugiausia liudija paties kalvio buvimą, bet nesuteikia platesnės informacijos apie amato organizaciją ar jo intensyvumą dėl radimo aplinkybių ar tyrimų duomenų fragmentiškumo.

Esant mažam makrolygmens bruožų kiekiui ar norint išsamiau ištirti metalurginę zoną, ryškėja būtinybė tyrimus perkelti į mikrolygmenį, kur svarbiausiu kalvystės identifikavimo kriterijumi tampa kalimo oksidų ir kitų plika akimi neregimų faktorių analizė. Tai viena iš nedaugelio atliekų, kurios susidarymas yra neišvengiamas bet kokio karštos geležies gavybos ar apdirbimo proceso metu. Kalant, mechaniškai apdorojant įkaitusį juodąjį metalą, nuo jo paviršiaus atskyla oksido fragmentai, kurie kaupiasi dirbtuvės aplinkoje, dažniausiai prie priekalo ir žaizdro erdvės. Tokios sankaupos yra itin patikimas ilgalaikės veiklos rodiklis – dokumentuoti eksperimentai parodė, kad per šešias valandas darbo vieno ruošinio svoris dėl oksidacijos gali sumažėti beveik 200 g, o užsienio archeologinėje medžiagoje yra aptikta net kelių kilogramų oksidų sankaupų, įrodančių nuolat vykus intensyvią veiklą.

Metodologiškai oksidų tyrimai gali prasidėti nuo elementarių priemonių – stipraus magneto, kuriuo galima greitai patikrinti gruntą *in situ*, jo mėginius ar pėdsakus ant radinių, ir kitiems tyrimams, tokiems kaip archeobotaninė flotacija, skirtų mėginių. Rekomenduojama magnetą laikyti plastikiniame maišelyje, kad surinktus oksidus būtų paprasta nurinkti, taip pat reikia turėti omenyje, kad ne viskas, kas magnetiška, yra oksidas – prie magneto gali prikibti ir kitų dalelių iš aplinkos. Be to, dėl savo magnetinių savybių oksidų pirminiam aptikimui ir analizei puikiai tinka geofizikiniai magnetometrijos tyrimai ar magnetinio jautrumo matavimai (Historic England, 2015, p. 9–10). Nustačius tikėtiną metalurginės veiklos zoną, itin svarbus tampa sisteminis mėginių ėmimas. Užsienio tyrimų praktika parodė, kad efektyviausia yra visą pastato ar tyrinėjamos vietos paviršių suskirstyti į mažus kvadratus (pvz., 25 x 25 cm arba 0,5 x 0,5 m), iš kiekvieno paimti grunto mėginių, juos sijoti į tris smulkėjančias frakcijas, flotacijos būdu atskyrus anglis ir mėginius išdžiovinus – oksidus išrinkti magnetu ir išrūšiuoti rankiniu būdu. Taikant tokią metodiką įmanoma tiksliai nustatyti oksidų pasiskirstymą ir atkurti dirbtuvių struktūrą, buvusias priekalo, žaizdro ar kalvio stovėjimo vietas. Tęsiant, laboratoriniu lygmeniu

pasitelkus mikroskopiją ar SEM-EDS analizę, atsiveria galimybė nuodugniau ištirti kontekstinius duomenis. Oksidų morfologija ir cheminė sudėtis leidžia nustatyti skirtingus procesus, nuo kritės gavybos, jos apdirbimo, iki įprasto dirbinių kalimo ar aukštesnės meistrystės procesų, kaip antai kalviškas suvirinimas. Dėl to ne tik įmanoma patvirtinti ir tiksliai identifikuoti vykusią metalurginę veiklą, bet ir sudaromos sąlygos tolesniam taikytų technologijų įvardijimui ir rekonstrukcijai, taip pat amato diferenciacijos, masto ir specializacijos lygio nagrinėjimui. Toks nuoseklus tyrimų derinys – nuo paprasčiausio magneto iki laboratorinės analizės ir papildomų metodų – atveria galimybę mikrolygmens atliekas paversti vienu patikimiausių šaltinių geležies metalurgijos vietoms identifikuoti, jų veiklai rekonstruoti ir įtraukti į platesnę geležies amžiaus ekonomikos bei socialinių struktūrų analizę. Paveldo tvarkybos reglamente PTR 2.13.01:2022 „Archeologinio kultūros paveldo tvarkyba“, 15.12.3. punkte nurodyta, jog yra būtina paimti grunto mėginius iš visų uždarytų archeologinių kompleksų ir uždarytų archeologinių struktūrų (tokių kaip ugniavietės, krosnys, degėsingi sluoksniai ir pan.) archeobotaniniams tyrimams (PTR 2.13.01:2022, p. 8–9), tačiau taip pat būtų svarbu dėl mokslinių duomenų universalumo kartu įvertinti ir kalimo oksidų buvimo faktą mikroskopine grunto analize ar bent magnetu. Vis dėlto oksidų paieška neturėtų būti taikoma visiškai visur – ji yra prasmingiausia kaip tikslinantis identifikavimo įrankis ten, kur bent minimalūs makrolygmens bruožai (ugniavietės, krosnys, degėsingi sluoksniai, šlako radiniai ar sankaupos) arba geofizikiniai duomenys indikuoja galimą juodojo metalo apdirbimą.

Kadangi juodojo metalo tyrimai Lietuvos archeologijoje menkai išplėtoti, šio metalo metalurginių zonų analizei rekomenduotina taikyti platesnį metodų spektrą. Lig šiol Lietuvoje nėra taikyti archeomagnetiniai tyrimai, leidžiantys *in situ* datuoti žaizdus ar rudelių liekanas pagal jų magnetinio lauko kryptį, susidariusią degimo metu (Lengyel, 2017). Kai kuriais atvejais, neaptikus organikos, gali būti paranku atlikti plieno artefaktų ar jų korozijos radioanglies datavimą pasitelkiant metalo struktūroje esančią elementinę anglį, patekusią iš medžio anglies apdirbimo metu (van der Merwe, 1969; Creswell, 1992; Cook *ir kt.*, 2003). Tačiau reikia turėti omenyje, kad naudota medžio anglis nebūtinai yra vienalaikė artefaktui, be to, tai yra invazinis metodas, reikalaujantis mėginio iš dirbinio arba jo korozijos produktų. Kalvystės technologijos ir amato lygis gali būti nustatomi metalografiniais tyrimais (Stankus, 2024), o prastos būklės dirbiniai gali būti nagrinėjami rentgenografiškai, pavyzdžiui, identifikuojant damaskavimo požymius (Historic England, 2015, p. 52). Elementinės sudėties tyrimai taip pat gali būti pravartūs nustatant kalvystės mastą. Atlikus kalvėje ar netoli jos rastų geležinių dirbinių ar jų fragmentų energinės dispersijos rentgeno fluorescencijos (XRF) analizę, jų elementinę sandarą galima lyginti su kitų lokaliai ar platesniame regione atrastų dirbinių sandara nustatant jų gamybinę kilmę – Lietuvoje tokia metodika taikyta Marvelės pilkapyne atrastiems dirbiniams (Bertašius *ir kt.*, 2010). Analogiškai, kaip aptarta anksčiau, struktūrinės analizės taikytinos ir žaizdų šlakams, siekiant nustatyti jų kilmę ir susidarymo aplinkybes. Dėl konservatyvaus amato pobūdžio įvairūs gamybos ir atliekų klausimai gali būti sprendžiami naudojantis kalvių rekonstruktorių pagalba, pasitelkiant eksperimentinę archeologiją kaip papildomą tyrimų metodą (Rimkutė, 2013, p. 685–722). Šio metodo tikslas – empiriškai atkurti ir dokumentuoti procesus ir jų paliekamus pėdsakus. Nors teorinės medžiagos apie oksidus ir šlakus yra daug, vis dar trūksta empirinių duomenų, kaip skirtingi procesai lemia jų susidarymą bei pasiskirstymą archeologiniame kontekste. Eksperimentai gali parodyti, kiek oksidų susidaro per tam tikrą laiką, kokie veiksniai lemia žaizdų šlakų formavimąsi ir kaip juos atskirti nuo kitų atliekų. Šitaip galima tiksliau įvertinti procesų intensyvumą, technologines tradicijas ir jų poveikį aplinkai, suteikiant papildomų duomenų tiek archeologiniam kontekstui, tiek platesnei archeometalurgijos analizei.

Šių tyrimų metodikos taikymas Lietuvos archeologijoje yra itin svarbus, nes be jų negalime atsakyti į fundamentalius klausimus apie geležies amžiaus kalvystės raidą ir jos poveikį platesniems visuomenės procesams. Iki šiol turimi duomenys neleidžia nustatyti nei gamybos apimčių, nei amato organizacijos, nei jo socialinės reikšmės. Nežinome, ar egzistavo centralizuoti gamybos centrai, primenantys protocehusus, ar amato žinios buvo perduodamos per keliaujančius meistrus, ar vietiniai kalviai mokėsi kitur ir grįžę patenkino bendruomenės poreikius. Negalime atsakyti, ar kalvystės tradicijos plito plėtojantis prekybos ryšiams, ar buvo lokaliai, ar geležies dirbiniai gaminti masiškai, ar tik epizodiškai. Šie klausimai yra ne tik ekonominio, bet ir politinio bei karinio

pobūdžio. Gamybinės infrastruktūros pajėgumas tiesiogiai veikė ūkio įrankių prieinamumą ir ginklų gamybą, o šie veiksniai formavo karinę galią ir teritorinės ekspansijos galimybes.

Kalvystės, geležies metalurgijos tyrimai Lietuvoje turi būti iš esmės atnaujinti, nes dabartiniai fragmentiški duomenys neleidžia nei patikimai identifikuoti dirbtuvių, nei suprasti jų vaidmens geležies amžiaus visuomenėje. Tik kompleksiška analizė – nuo makro- ir mikrolygmens požymių įvertinimo iki laboratorinių ir eksperimentinių metodų – atveria galimybę atkurti platesnę kontekstinę informaciją apie gamybos mastus, technologijų raidą, amato organizaciją ir iš to kylantį platesnį kontekstą. Geležies amžiaus Lietuvos raida negali būti išsamiai suprasta be patikimų duomenų apie juodojo metalo apdirbimo centrus, kurie iš esmės nulėmė tiek kasdienę ūkio praktiką, tiek karinės galios pagrindus, tikėtina, vedusius iki gentinių administracinių vienetų susidarymo ar net valstybingumo užuomazgų.

Išvados

Peržvelgus Lietuvos archeometalurgijos tyrimų duomenis ir praeities tyrėjų darbus, paaiškėjo, kad geležies amžiaus kalvystės vietų identifikavimas yra nepelnytai apleista ir mažai nagrinėta tema. Didžiausios šios temos problemos yra kilusios dėl praeities tyrimų ribotų metodologinių išteklių, fragmentiškų archeologinių duomenų bei pasitaikančio klaidingo kalvystės veiklos painiojimo su kitomis metalurginėmis veiklomis.

Apžvelgti tyrimai parodė, kad ankstesni bandymai identifikuoti kalvystės vietas dažnai buvo grindžiami ribotais duomenimis, pavyzdžiui, vadinamuoju „kalvišku šlaku“. Tačiau tiek naujos kalvių praktikų įžvalgos, tiek užsienio archeometalurgijos tyrimai leidžia manyti, kad šie šlakai nebūtinai aiškiai rodo buvus kalvystės veiklą, nes jie gali susidaryti ir kitų metalurginių procesų metu. Dėl šios priežasties „kalviško šlako“ terminą būtina tikslinti ir keisti, nes modernioje kalvystės praktikoje „šlakas“ yra visiškai kita atlieka. Ši terminų neatitiktis gali būti kliūtis derinant akademinis darbus su kalviais praktikais, todėl vietoj iki šiol archeologijoje vartoto „kalviško šlako“ siūloma vartoti „žaidro dugno šlako“, „žaidro pakuros šlako“ arba „dubenelio formos šlako“ ar atitinkančius veiklą ir kontekstą terminus. Kalvystės praktikoje vadinamąjį „šlaką“, t. y. kalimo metu susidariusį metalo oksidą, akademiniame erdvėje vertėtų įvardyti „kalimo oksido“ terminu, atskira atliekų grupe, taip išvengiant tarpdisciplininių nesklandumų.

Užsienio tyrimai aiškiai parodė, kad patikimiausias ilgalaikės kalvystės ir apskritai geležies metalurgijos veiklos identifikavimo pagrindas yra nuoseklus makro- ir mikrolygmens požymių vertinimas ir detalus tyrimas. Makrolygmens analizė pirmiausia apima regimųjų objektų ir akivaizdžių faktorių, tokių kaip pastato egzistavimo, žaidro, oro tiekimo sistemų, priekalo vietos pėdsakų bei įrankių, aptikimą kartu su didesnėmis atliekų sankaupomis – šių požymių visuma leidžia atskirti nuolatinę kalvystės veiklą nuo epizodinės ar kitokios metalurginės praktikos. Mikrolygmens analizė, paremta kalimo oksidų tyrimu, suteikia patikimiausią įrodymų bazę – jų sankaupos dėl magnetinių savybių gali būti greitai aptinkamos geofizikiniais metodais ar paprastu magnetu, o nuosekliai imant mėginius iš mažų kvadratų, sijoiant ir taikant mikroskopinius bei kitus laboratorinius tyrimus, įmanoma tiksliai rekonstruoti dirbtuvių planą, priekalo ir žaidro poziciją, netgi kalvio stovėjimo vietą. Tokia metodika leidžia nustatyti ne tik veiklos faktą, bet ir jos intensyvumą, technologinius procesus bei meistriškumo lygį. Be šių bazinių gairių, pagal galimybes papildomai turi būti taikomi ir kiti metodai – archeomagnetinis bei radioanglies datavimas, metalografiniai pjūviai, elementinės sudėties tyrimai ar eksperimentinė archeologija bendradarbiaujant su kalviais praktikais. Papildomi metodai išplečia analizės lauką, atverdami galimybę patikslinti ir praplėsti kontekstinę informaciją. Vis dėlto pirminis ir pagrindinis dėmesys turėtų būti telkiamas į makro- ir mikrolygmens požymių sintezę, nes būtent ši kombinacija sudaro patikimiausią pagrindą kalvystės vietų identifikavimui ir jų funkcionavimo rekonstrukcijai. Lietuvos archeologijoje tokia metodologinė seka kol kas nėra įgyvendinta, todėl dabartiniai duomenys nesudaro sąlygų atsakyti į esminius klausimus – ar egzistavo centralizuoti gamybos centrai, ar žinias skleidė keliaujantys meistrai, ar gamyba buvo masinė, ar tik epizodinė.

Šių klausimų svarba peržengia vien technologinį lygmenį. Gamybos infrastruktūros pajėgumas tiesiogiai

siejasi su ūkio įrankių prieinamumu, o ginklų gamyba lemia karinės galios, karo žygių ir teritorinės ekspansijos ar apsaugos galimybes. Tvirta kalvystės bazė buvo būtina sąlyga stabilių karinių pajėgų formavimuisi, kurios savo ruožtu sudarė prielaidas genties ar valstybės užuomazgai ir tęstinumui. Todėl juodojo metalo apdirbimo, ypač kalvystės vietų, tyrimų atnaujinimas, pasitelkus kompleksiską duomenų analizę bei modernias laboratorines ir eksperimentines metodikas, tampa ne tik techniniu, bet ir konceptualiai svarbiu uždaviniu Lietuvos archeologijai. Tokiu keliu galima pradėti sistemingai rekonstruoti gamybos apimtis, technologinius gebėjimus, tarpgentinius santykius ir jų indėlį į socialinės ir politinės struktūros formavimąsi. Lietuvos geležies amžiaus rai-da negali būti išsamiai suprasta neturint patikimų duomenų apie praeities industriją – juodojo metalo apdirbimo centrus, nulėmusius tiek kasdienę ūkio praktiką, tiek karinę galią, tiek geležies amžiaus bendruomenių išlikimą itin karingame priešistorės pasaulyje.

Padėka

Norėčiau padėkoti dr. Aleksiejui Luchtanui ir dr. Gvidui Slah už konsultacijas ir vertingus patarimus nagrinėjant šią temą. Taip pat nuoširdžiai dėkoju kalviams Adomui Sviklui, Tomui Vosyliui ir Götz Breitenbücher už svarbias įžvalgas, kuriomis jie pasidalino, remdamiesi ilgamete patirtimi. Jūsų indėlis nagrinėjant šios temos niuansus buvo neįkainojamas.

Šaltiniai

- Daugudis V. *Imbarės k., Kretingos r., piliakalnio gyvenvietės 1978 m. kasinėjimų ataskaita*. Lietuvos istorijos instituto bibliotekos rankraštynas, f. 1, b. 758.
- Daugudis V. *Imbarės k. (Kretingos raj.) piliakalnio ir jo gyvenvietės 1980 m. archeologinių tyrinėjimų ataskaita*. Lietuvos istorijos instituto bibliotekos rankraštynas, f. 1, b. 808.
- Grigalavičienė E. 1985. *Kerelių, Kupiškio r., piliakalnio 1984 m. kasinėjimų ataskaita*. Vilnius, f. 1, b. 1164.
- Lietuvos Respublikos kultūros ministro įsakymas „Dėl Paveldo tvarkybos reglamento PTR 2.13.01:2022 „Archeologinio kultūros paveldo tvarkyba“ patvirtinimo“. *Teisės aktų registras* [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/legalAct/TAR.8B2A750536FF/asr> [žiūrėta 2024 m. gruodžio 20 d.].
- Merkevičius A. 1972. *Eketės piliakalnio ir jo gyvenvietės, Sendvario apyl., Klaipėdos raj., 1972 m. kasinėjimų ataskaita*. Lietuvos istorijos instituto bibliotekos rankraštynas, f. 1, b. 329.
- OpenStax. 2016. *University Physics Volume 3*. OpenStax [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://openstax.org/details/books/university-physics-volume-3> [žiūrėta 2024 m. gruodžio 27 d.], p. 240–243.
- Viselgienė G. 2018. Kalvystė. *Visuotinė lietuvių enciklopedija* [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.vle.lt/straipsnis/kalvyste/> [žiūrėta 2024 m. gruodžio 27 d.].
- Historic England. 2015. *Archaeometallurgy: Guidelines for Best Practice*. Prieiga per internetą: <https://www.historicengland.org.uk/advice/> [žiūrėta 2024 m. gruodžio 15 d.].

Literatūra

- Anteins A. 1960. Dzelzs un tērauda izstrādājumu struktūras, īpašybės un izgatavošanas tehnoloģija senajā Latvijā līdz 13. gs. *Arheoloģija un etnogrāfija*, II, p. 3–60.
- Arwidsson G., Berg G. 1999. *The Mastermyr Find: A Viking Age Tool Chest from Gotland*. Lompoc: Larson Publishing Company.
- Bertašius M., Navasaitis J., Selskienė A., Zaldarys G. 1999. Marvelės kapinyno geležies dirbinių metalografiniai, mechaninių savybių ir elementinės sudėties tyrimai. *Lietuvos archeologija*, 36, p. 153–182.
- Charlton M. 2007. Identifying and explaining chemical variation in ironworking slag: A multivariate approach. P. Crew, S. Crew (Eds.). *Early Ironworking in Europe II: Archaeology, Technology and Experiment. Abstracts of the Second International Conference*. Plas Tan y Bwlch: Occasional Paper No. 4, p. 47–49.
- Cook A. C., Wadsworth J., Southon J. R. 2003. AMS radiocarbon dating of rusty iron. *Journal of Archaeological Science*, 30, p. 95–101.
- Cresswell R. G. 1992. Radiocarbon dating of iron artifacts. *Radiocarbon*, 34 (3), p. 898–905.

- Dungworth D., Wilkes R. 2009. Understanding Hammerscale: The use of high-speed film and electron microscopy. *Historical Metallurgy*, 43 (1), p. 33–46.
- Dunster J., Dungworth D. 2012. *Blacksmiths' Fuel: The Analysis of Slags from Archaeological and Contemporary Iron-working*. English Heritage, Research Report Series No. 16-2012.
- Evenstad O. 1790. *Afhandling om Jern-Malm, som findes i Myrer og Moradser i Norge, og Omgangsmaaden med at forvandle den til Jern og Staal*. København: Facsimile edition, Trondheim, 1960.
- Gruškovnjak L., Prijatelj A., Vojaković P., Burja J., Šetina Batič B., Brajković R., Toškan B., Tolar T., Grčman H., Črešnar M. 2025. Macro to micro stratigraphic and artefactual evidence from an Early Iron Age smithy at the Pungrt Hillfort (Central Slovenia). *Journal of Open Archaeology Data*, 13 (5), p. 1–9. <https://doi.org/10.5334/joad.145>
- Hošek J. 2015. Radomír Pleiner: A celebration of his life and work. *Historical Metallurgy*, 49 (1), p. 1–17.
- Jouttijärvi A. 2009. The shadow in the smithy. *Materials and Manufacturing Processes*, 24 (9), p. 975–980. <https://doi.org/10.1080/10426910902987176>
- Jouttijärvi A. 2014. A workshop for the king. *Open Journal of Archaeometry*, 2 (5459), p. 102–108. <https://doi.org/10.4081/arc.2014.5459>
- Jouttijärvi A. 2015. Scales and spheres. *Historical Metallurgy*, 48 (1–2), p. 41–46.
- Lee H. D. P. (trans. and ed.). 1952. *Aristotle, Meteorologica*. London: Harvard University Press.
- Lengyel S. N. 2017. Archaeomagnetic dating and site chronologies. *Journal of Archaeological Science*, 44, p. 39–46.
- Navasaitis J. 2004. *Lietuviška geležis*. Kaunas: Technologija.
- Navasaitis J., Selskienė A. 2007. Metallographic examination of cast iron lump produced in the bloomery process. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 13, p. 167–173.
- Pleiner R. 1993. *The Celtic Sword*. Oxford: Clarendon Press.
- Pleiner R. 2004. Problems with ancient smithing slag. *Acta Metallurgica Slovaca*, 10, 664–667.
- Pleiner R. 2006. *Iron in Archaeology. Early European Blacksmiths*. Praha: Archeologický ústav AV ČR.
- Rehder J. E. 2000. *The Mastery and Uses of Fire in Antiquity*. London: McGill-Queen's University Press.
- Rimkutė V. 2013. Eksperimentinė archeologija kaip tyrimo metodas. A. Merkevičius (sud.). *Metodai Lietuvos archeologijoje. Mokslas ir technologijos praeičiai pažinti*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, p. 723–766.
- Sauder L. 2013. Making steel in the 'Aristotle furnace'. D. Dungworth, R. C. P. Doonan (Eds.). *Accidental and Experimental Archaeometallurgy*. London: Historical Metallurgy Society, p. 107–110.
- Salatkienė B. 2006. Lietuvos geležies metalurgijos tyrimų istoriografinė apžvalga. *Acta humanitarica universitatis Saulensis*, 1, p. 383–409.
- Salatkienė B. 2007. *Geležies metalurgija Lietuvos teritorijoje iki XIII amžiaus. Archeologijos duomenys: disertacija*. Vilnius: Klaipėdos universitetas.
- Salatkienė B. 2009. *Geležies metalurgija Lietuvoje: archeologijos duomenys*. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla.
- Selskienė A. 2007a. Paplienijos piliakalnio papėdės gyvenvietės geležies metalurginio šlako tyrimai. *Lietuvos archeologija*, 32, p. 51–70.
- Selskienė A. 2007b. Examination of smelting and smithing slags formed in bloomery iron-making process. *Chemija*, 18 (2), p. 22–28.
- Serneels V., Perret S. 2003. Quantification of smithing activities based on the investigation of slag and other material remains. M. Mangin (Ed.). *La sidérurgie ancienne de l'Est de la France. Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté*, 536. Paris: Presses Universitaires de Franche-Comté, p. 75–81.
- Starley D. 1995. *Hammerscale*. Archaeology Datasheet No. 10. The Historical Metallurgy Society.
- Stankus J. 1971. *Geležies dirbinių gamybos technologijos istorija Lietuvoje II–XIII amžiais: mokslų kandidato disertacija*. Vilnius.
- Stankus J. 2001. Geležies gamybos Lietuvoje apžvalga. *Lietuvos archeologija*, 21, p. 171–182.
- Stankus J. 2024. Metalografinio metodo taikymas archeologinių geležies dirbinių tyrinėjimuose Lietuvoje. A. Merkevičius (sud.). *Metodai Lietuvos archeologijoje. II tomas*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, p. 203–256.
- Van der Merwe N. J. 1969. *The Carbon-14 Dating of Iron*. Chicago: University of Chicago Press.
- Westphalen P. 2004. Das Grobschmiedehandwerk in Haithabu. W. Melzer (red.). *Schmiedehandwerk in Mittelalter und Neuzeit. Beiträge des 6. Kolloquiums des Arbeitskreises zur archäologischen Erforschung des mittelalterlichen Handwerks*. Soest: Westfälische Verlagsbuchhandlung Mocker & Jahn, p. 25–30.

Iron Age Blacksmithing Site Identification Issues in Lithuanian Archaeology

Matas Bodrijė

Summary

This article addresses the problem of identifying Iron Age blacksmithing sites in Lithuania – which is a research field that has remained largely neglected despite the central role of the craft in prehistoric societies. Although iron slag is commonly found in nearly every Iron Age settlement, no blacksmithing workshops have been conclusively documented or systematically analysed so far. Previous attempts to interpret such finds were often based on fragmentary data and the misleading category of ‘smithing slag’, which blurred the distinction between blacksmithing and other metallurgical practices such as bloomery smelting and processing.

A reassessment of Lithuanian archaeometallurgical research and terminology demonstrates that the so-called ‘smithing slag’ should not be considered a reliable indicator of blacksmithing. These plano-convex slags may originate from a variety of processes, including refining or secondary bloom consolidation, and therefore the traditional term is both inaccurate and misleading. Modern blacksmithing practice also reveals a clear terminological mismatch. In Lithuanian craft usage, *šlakas* usually means *hammerscale* or general impurities, whereas, in archaeological literature, *šlakas* corresponds to the English *slag*, i.e., solid by-products like hearth-bottom slag. This discrepancy easily causes confusion and calls for clearer differentiation. To avoid disciplinary confusion, the article recommends replacing ‘smithing slag’ with more precise terms such as *hearth-bottom slag*, *forge-hearth slag*, or *plano-convex slag*. In contrast, the oxide waste universally generated during hot-working – commonly known as *hammerscale* – should be introduced into Lithuanian scholarship as ‘*kalimo oksidas*’, which would represent a separate and highly diagnostic waste category.

The study stresses the need to evaluate both visible macro-level features (structures, hearths, possible anvil or other gear positions, tool finds, and concentrated waste deposits) and micro-level indicators, especially *hammerscale*, which provides the most reliable basis for identifying long-term blacksmithing activity. International case studies show that systematic sampling in small grids, combined with sieving, flotation, and laboratory techniques such as microscopy and SEM-EDS, allows researchers to reconstruct workshop layouts in detail, including hearths, anvils, and even the blacksmith’s standing position. This methodology not only confirms the presence of craft activities but also reveals their intensity, technological repertoire, and the level of skill. Additional methods – such as archaeomagnetic and radiocarbon dating, metallographic sections, chemical composition analyses, and experimental archaeology in cooperation with practising blacksmiths – further enhance contextual interpretation.

The broader implications of this research extend beyond technology. The scale and organisation of blacksmithing directly determined the availability of agricultural tools and weapons, thus shaping economic productivity, military capacity, and the political development of Iron Age communities. A strong blacksmithing base was a prerequisite for stable military forces, which, in turn, provided the conditions for the emergence and continuity of tribes and early state formations. For this reason, the renewal of blacksmithing and iron-working research in Lithuania – through integrated macro- and micro-scale analyses, complemented by laboratory and experimental methods – represents not only a technical task but also a conceptually important issue for archaeology.

By clarifying the terminology, emphasising interdisciplinary methodologies, and proposing systematic research guidelines, this article provides a framework for future investigations into one of the most neglected yet crucial aspects of Lithuanian prehistory. A clearer understanding of Iron Age blacksmithing will make it possible to reconstruct production scales, technological traditions, inter-tribal networks, and their contribution to the formation of social and political structures. Ultimately, the study argues that the trajectory of Iron Age Lithuania cannot be fully grasped without reliable evidence of its metallurgical infrastructure, i.e., without the industrial foundations that underpinned the daily economy, military power, and the survival of communities in an intensely competitive prehistoric world.