

TADEUSZ DZIEKOŃSKI

A lengyelországi eneolitikus rézkohászat és középeurópai kapcsolatai

Zlotában (sandomierzi járás), a régi település területén a két világháború közötti időszakban végzett kutatások alkalmával a korai neolitikumtól egészen a koraközépkorig terjedő települések nyomaira bukkantak, réz-salakos tégelytöredékeket, agyagfúvóka részeket is találtak, ezenkívül feltártak még ugyancsak rézből készült néhány dísz tárgyat, nyersanyagdarabkákat, valamint apró rézcseppeket.¹ Amint azt az ezekkel a leletekkel együtt feltárt kerámiák is bizonyítják, e leletek a festett szalagdiszes kerámia kultúrájának idejéből származnak, amely ezen a területen i. e. 2200—2000. évek közti időszakban fejlődött ki (I. tábla, 1. kép). Amint azt a leleteken végzett fém- és szilikátvizsgálatok kimutatták, még azok a darabok is, amelyeket kevert rétegekben találtak, ebbe a kultúrába tartoznak, kivéve egy gyűrűt, amely a zsinórdíszes kerámia kultúrával volt kapcsolatban, valamint két dísz tárgyat, amelyek — amint kiderült — bronzhuzalból készültek.

A tégelyek jelenléte azt bizonyította, hogy ebben az esetben Középeurópa területén — ha nem is a legrégebb, mindenesetre azonban — az eddig feltárt egyik legrégebb rézkohászati műhely nyomaival van dolgunk. Indokolt tehát ezeket az érdekes leleteket részletes vizsgálat tárgyává tenni.

A tégely és fúvókák, valamint a készítmények anyagán végzett több mint 100 spektrográfiai mennyiségi és félmennyiségi, metallográfiai, mineralógiai és terminus vizsgálat sok érdekes megállapításra adott lehetőséget. A mellékelt fényképek, vázlatok és a tégely két töredékén végzett kutatás eredményei (I/2. és II/1. kép) alapján nyilvánvalónak látszik, hogy a Zlotában végzett munka egy igen tiszta réz felolvasztása volt, s ebből — valószínűleg földbevéajt mélyedésekben — kikalakú öntvényeket készítettek. Ezeket azután lemezzé és huzallá kalapálták ki. Ezekből a féltermékekből készítették az apróbb dísz tárgyakat, mint pl. drótból a karpereceket, lemezből a hajlított csövecskéket, amelyeket fonálra fűzve, mint nyakékeket hordtak stb. (III/1. kép). Amint azt a metallográfiai kutatások kimutatták, mindezek a dísz tárgyak kikovácsolás útján készültek (III/2. kép).

A végrehajtott vizsgálatok lehetőséget adtak annak megállapítására is, hogy Zlotában ebben a viszonylag rövid időszakban a rézkohászat terén valószínűleg jelentős változások következtek be.

¹ Összesen 24 tégelytöredéket, 8 agyagfúvókátöredéket, agyagedénytöredékeken rézcseppeket és réznyersanyagdarabkát, továbbá hat rézkészítményt. Kultúrális hovatartozásukat és korukat D. Rauhut határozta meg a kísérő kerámiai anyag alapján.

E korszak kezdetén a rezet, átlag 0,5—1 kg ürtartalmú, valószínűleg félgömbalakú, löszből mintázott, kiszáritott, illetőleg gyengén kiégetett tégelekben olvasztották (I/2. kép). Mindez arra mutat, hogy nagyon is tisztában voltak ennek a nehezen alakítható nyersanyagnak az előnyeivel. A löszből készült tégelekben olvasztott réz ugyanis alkalmasabb a kikalapálásra, mint az, amelyet agyagból készült tégelekben olvasztanak. E kultúra fennállásának későbbi szakaszában a tégelek világosan kirajzolódó kerek kehelyalakot nyertek (I/2. kép). Már agyagból formálták, de olyan erősen keverve kovafölddel, mint amilyen mennyiségben az az előzőleg használt löszben található. E tégeleket már gondosabban készítették és erősen kiégették. Az i. e. második évezred közepéről származó régi egyiptomi rajzok hasonló alakú tégeleket ábrázolnak (II/2. kép).

Hogy a tégeleket olyan nehezen tapadó nyersanyagból készítették, mint amilyen a lösz — holott ugyanakkor a használati tárgyakat olyan kitűnő kerámiaanyagból formázták, mint amilyen a bizonyos mennyiségű kovafölddel megfelelően soványított agyag —, annak oka az lehet, hogy a helyi agyag — soványítása ellenére is — sokkal kevesebb kovaföldet tartalmaz, mint a lösz és — amint a további kutatások során megállapítást nyert — mint a második típusú tégely anyaga, melyet már a könnyebben tapasztható soványított agyagból készítettek. Ebből arra lehet következtetni, hogy a tégelek készítéséhez tudatosan választották ki a nyersanyagokat, amelyek — amint kimutatható — kivételesen sok kovaföldet tartalmaztak.

Az egyes fűvókátöredékek beeresztő nyílásának méreteiből, elsősorban azonban nagyon csekély keresztmetszetéből ítélve (IV/1a kép) kezdetben egészen bizonyosan agyagfűvókákkal ellátott, bőrből készült fűjtatókat használtak, amelyek mindegyike önállóan működött. A levegő tűzhözvitelének hasonló módszerét alkalmazták Egyiptomban az i. e. második évezred közepén is. Az agyagfűvókákat ott bambuszcsövek végére illesztették és a szélzsákokat agyagedényekből és bőrből állították össze (I/2. kép). A fűvókáknak a tűzhelybe történő ilyen külön bevezetése következtében a fűjtatók bőrrészeit az elégséges veszélyének tették ki. Lehetséges azonban, hogy ez ellen védekezve a két fűjtatót a fűvókákkal szöveget alkotva helyezték el egymás mellett azért, hogy egyik fűjtató fűvése a tűz terjedése esetén biztosítsa a másik fűjtatót a meggyulladás ellen. Lehetséges, hogy ezen az úton fejlődtek a fűvókák odáig, hogy végül közös formát készítettek a két fűjtató fűvókái számára (IV/2. kép).

Zlotában a kis beeresztőnyílású fűvókák töredékein kívül találtak még sokkal nagyobb fűvókátöredéket is. Ennek sokkal nagyobb beeresztő nyílása volt, amelyben már két nádból készült fűjtató fűvókáit is el lehetett helyezni (IV/1. kép). Ha a fűvókák általános fejlődését vesszük alapul (IV/2. kép), felmerül az a kérdés, vajon a Złota területén feltárt fűvókák nem mutatnak-e formai szempontból bizonyos fejlődési folyamatot. E gondolatot tovább vive, felmerül az a kérdés, vajon e település területén csak a fűjtatókkal kapcsolatban mehettek végre alapvető változások a szalagdíszes kerámia kultúrájának korában.

Az olvasztás idején a tégeleket a földbe mélyítve, egészen biztosan lejtőn helyezték el, hogy a kissé magasabban fekvő fűjtatók fűvókái felülről hatoljanak be a parázdba (IV/2. kép). Amint azt a tégelytöredékek vizsgálata kimutatta, a tüzelőanyag zöme és a legtöbb parázs a tégelyen belül, a réz fölött volt. Erre utal a tégely párkányának belső részén a perzselődés, valamint a

nyersanyagdarabkákban és a készítmények rezében a viszonylag kevés réz-oxid mennyiség (III/2. kép). Bizonyos szénmennyiségnek kellett lennie a tégely oldalai körül is, amely azonban nem égett el abban a mértékben, mint a belsőjében levő szén. Ezt bizonyítja a tégely törésén kívülről látható erős megfeketedés és e megfeketedésnek a hiánya a belső oldalon, ahol az erős hőmérséklet tartós volt. Ebből arra lehetne következtetni, hogy a réz olvadása a széntakaró alatt következett be. A készítmények rézanyagának metallografikus vizsgálata azonban a rézoxid 2—3%-os jelenlétét mutatta ki (III/2. kép), vagyis a legnagyobb valószínűség mellett többet, mint amennyit a széntakaró alatt olvasztott réznek tartalmaznia kellene, viszont sokkal kevesebbet, mint amennyivel rendelkeznie kellene, ha teljesen takarómentesen történt volna az olvasztás.

Ez arra mutat, hogy az olvasztott réz időnként fedetlen volt. Ez a hosszú fedetlenül hagyás talán a fém kiöntése alkalmával következett be. Ekkor történhetett a szennyeződés és a réz oxidálása is. Lehetséges, hogy e folyamat során a réz sokkal nagyobb mértékben oxidálódott, és hozzá még olyan erősen, hogy törékennyé és kikalapálásra alkalmatlanná vált. A rezet ez ellen a tégely anyagában levő kovaföldmennyiség védte, amely sokkal nagyobb fokban salakosította a szennyeződések és a réz oxidjait, mint az agyag. Talán éppen ezzel lehet megmagyarázni azt, hogy az akkori kohászok oly gondosan választották ki a tégely anyagát. Bár nem ismerték a folyamatok valódi okát és még valószínűleg nem értékelték a réz olvasztásának — különösen az utolsó szakaszban a szén szoros takarója alatti olvasztásának — előnyeit, tapasztalatilag rájöttek arra, hogy ezen az úton nyernek a kikovácsolás számára legjobb nyersanyagot.

A réz olvasztása után a tégelyeket — valószínűleg — begörbített nyirkos ággal vették ki és a rezet földbe vájt mélyedésbe öntötték, hogy belőle kikalapálás útján történő megmunkálás céljára megfelelő formákat öntsenek ki.

Amint tehát feltehető, a viszonylag rövid idő alatt Zlotában a réz-olvasztásnál ott alkalmazott eszközökben nagy fejlődés következett be, és pedig elsősorban a tégelyek anyagában és készítésének módjában, de lehetséges, hogy még a fújtatás módszerében is. A réz olvasztásának módja ezzel szemben ugyanaz maradt.

Az, hogy a lengyel területeken a réz olvasztásának ilyen korai nyomaira bukkantak, egyáltalában nem jelenti azt, mintha a neolitikorban ott lakó emberek ebből a szempontból megelőzték volna a Közép-Európa más területein lakó embereket, hanem csak azt, hogy véletlenül itt találtak fémkohászati munkálatok ilyen régi nyomaira. Lehetséges, hogy rövidesen pl. a magyar archeológusok ilyen munkálatoknak még régebbi nyomaira bukkannak. Erre mutat az, hogy magyarországi eneolitikumban jelentős mennyiségű hazai réz fordul elő és nagy mennyiségben találnak rézből készült, e korszakból származó készítményeket. A zlotai leletekkel való közelebbi megismerkedés azonban mindenképpen bebizonyította, hogy a lengyel területeken az e korszakból származó készítmények nem elmaradtak, sőt ellenkezőleg, ahhoz a korszakhoz viszonyítva nagyon is magas szinten állanak.

Vizsgálatunk főcélja azonban olyan kísérlet elvégzése, melynek során megállapítást nyerjen annak a réznek a származása, amelyet Zlotában dolgoztak fel, illetőleg amelyből az ott talált készítmények készültek. Összehasonlító anyag nyerése céljából e kutatásokat a lengyel területen előforduló szalagdíszes kerámia-kultúra más csoportjaira, nevezetesen a szalagdíszes festett

kerámiakultúra jordanówi és a Brześć-kujáviai csoportjára is kiterjesztettük, amelynek leletei közt szintén találtak rézből való készítményeket (I/1. kép).

E készítmények fajtájáról és alakjáról a következőket mondhatjuk. A jordanówi² és a Brześć-kujáviai³ kultúrából származó rézeszközök és készítmények, valamint nyersanyagdarabkák, továbbá a festett kerámia idejéből való öntvény, tégely- és fújtatófúvókatorédek jelenléte nemcsak azt bizonyítja, hogy ott ismerték a rézet, hanem azt is, hogy értettek a feldolgozásához. Lengyel területen a réz már i. e. 2400 körül megjelenik, s ebből a fémből elsősorban apróbb dísz tárgyakat készítettek, a Tiszapolgáron talált rézkészítmények keletkezési idejénél korábban. Ezzel szemben a későbbi korszakban Magyarországon a rézet tömegesen dolgozták fel, lengyel földön viszont nem találjuk meg ennek megfelelőjét. Ez talán arra mutatna, hogy az ilyen fajta tömeges termelés számára itt megfelelő saját nyersanyag nem állott rendelkezésre, míg a nagyobb rézdaraboknak távolabbi vidékekről történő odaszállítása már nagyobb nehézségekkel volt összekötve.

Konrad Jazdzewski, a Brześć-kujáviai kultúráról szóló munka szerzője a következőképpen látja a neolitikorban a lengyel területeken a rézből készült eszközök elterjedésének a sorrendjét. Az első készítmények a tiszai szalagdíszes és a morva festett kerámiakultúra idején jelennek meg. Lengyel területen a fém megismerése — a szerző véleménye szerint — a mai magyar és cseli területeken lakó törzsekkel való érintkezések eredménye volt. Ezzel szemben a fiatalabb neolitikultúrák, amelyek nem voltak kapcsolatban ezekkel a kultúrákkal (mint a tölcsealakú serlegek, a gömbalakú amfórák, vagy a zsinór-díszes kerámia kultúrája), használtak ugyan rézet, e fémből azonban nagyobb mennyiséggel nem rendelkeztek. Csak a neolitikum vége felé feltűnő kultúrákat jellemzi a réz használatának fokozatos növekedése. Erőteljes növekedés Svájcban és Ausztriában a cölöpépítménykultúrában lép föl. Innen származnak ugyanis a cölöptelepülésekben feltárt hihetetlenül értékes leletek. A következő, alapvető előrehaladás végül Csehország és Közép-Németország területén kifejlődött bronzkohászat volt.

A szerző arra is gondol, hogy azok az utak, amelyeken keresztül a nyersanyag, valamint a réz feldolgozásának ismerete annak idején a lengyel területekre, a Tengeremellékre, Nagy-Lengyelországba és Kujáviába jutott, a Visztula mentét elkerülve Szilézián keresztül vezettek. Magyarországról észak felé tulajdonképpen erre vezet a legegyenesebb út. Ezek a feltevések az akkori rézkészítmények lelőhelyeinek földrajzi megoszlására támaszkodnak. A leletek ugyanis főként Szilézia és Nagylengyelország területéről származnak. Ez azonban az ott folytatott intenzívebb kutatásnak tulajdonítható. A rézfeldolgozásnak Zlotában talált nyomai bizonyos mértékben kiegészítik ezt a hiányt. Ezek viszont arra mutatnak, hogy a rézfeldolgozás elterjedésének útvonala a Visztula mentén is vezetett. De arra a kérdésre, hogy a Zlotában feltárt réztárgyak helyi vagy behozott rézből készültek-e, a végső választ magában a nyersanyagban, annak kémiai jellegzetességében kell keresni. Ebből a célból összehasonlítottuk a Zlotában és ugyanazon kultúra más központjainak területén talált réztár-

² O. Mertins : Kupfer- und Bronzefunde in Schlesien. Schlesiens Vorzeit. VII. (1899) 344. l. VI (1898), 345, 171—172. l.

³ K. Jazdzewski : Omentarzyska kultury ceramiki wstęgowej i związane z nimi ślady osadnictwa w Brześciu Kujawskim. Państwowe Muzeum Archeologiczne, Warszawa 1938.

gyak kémiai jellegzetességeit mintegy 200 félmennyiségi spektrografikus vizsgálattal.

Az „antik” tárgyak vizsgálatával, ahogy annakidején az archeológiai leleteket nevezték, már a XVIII. század fordulóján kezdtek foglalkozni. A tulajdonképpeni kémiai vizsgálatokat azonban, amelyek a sajátmaga által tökéletesített súlyelemzésen alapultak, Klaproth ebből a célból csak a XIX. század elején kezdte alkalmazni.⁴ El lehet tehát mondani, hogy a régészeti leletek kémiai vizsgálata olyan régi, mint amilyen régi az ilyen irányú vizsgálatok modern módszere. Ettől az időtől kezdenek kibontakozni az analitikus vizsgálatok is.

Az ilyenfajta vizsgálatok számára az archeológiában az új perspektívákat F. Wiebel nyitotta meg a hatvanas években.⁵ A középkori kohászok számára egyáltalában nem volt már újdonság az, hogy e fémnek alapvető, kenes ércei kis mennyiségben mindig foglalnak magukban bizonyos más fémeket is. A súlyanalízis alkalmazásával sikerült megállapítani azt, hogy e fémek egy része megmarad a karbonátos ércekben is, de ezenkívül még azokban a rézekben is, amelyek ezeknek az érceknek geokémiai folyamatok útján létrejövő termékei, sőt ezenfelül még a kohászati úton nyert rézben is. Ennek következtében kirajzolódott tehát annak a lehetősége, hogy ezen az úton össze lehessen hasonlítani a különböző kultúrákban használt rézfajtákat, valamint hogy meg lehessen állapítani a rézből és talán a bronzból készült tárgyak nyersanyagának eredetét is annak alapján, hogy e tárgyak kémiai jellegzetességeit összehasonlítják bizonyos területeken előforduló ércek kémiai jellegzetességeivel. Az annakidején alkalmazott új analízissel nem lehetett azonban kielemezni minden szennyeződési nyomot, különösen azért, mivel a megvizsgált tárgyak műemlékjellege nem adott lehetőséget alaposabb kísérletek elvégzésére. Ebben az irányban új lehetőségeket csupán a spektrális vizsgálatok módszere tudott nyújtani, amelynek alapelveit Bunsen és Kirchhof még 1860-ban határozták meg. Ezt azonban, mint spektrografikus módszert, a kémiában csak 1925-ben, az iparban pedig csupán 1933-ban alkalmazták.

Mindezek alapján fokozottabban kell hangsúlyozni W. Witter 1938-ban megjelent munkájának jelentőségét,⁶ amelyben a spektrografikus kutatások eredményeire támaszkodva megállapítja ezeknek az archeológiában való használhatóságát. A következő, H. Otto-val együtt írt és 1952-ben kiadott munkában⁷ a két szerző már a spektrografikus mennyiségi vizsgálatokon alapuló mintegy 1300 eredményt gyűjtött össze. E munkákban készítették el régi rézleletek analízise eredményeinek rendszerbe foglalását. Ennek alapjául a szennyeződés különböző fajtái (antimon, arzén, ezüst, nikkel, ólom és bismut) szolgáltak, ezekhez hozzávették még pótlólag az ónt is, és egyben ismertették a vizsgálat tárgyává tett készítmények alakját is. De a készítmények formájá-

⁴ M. H. Klaproth: Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper. Stettin, 1815. — M. H. Klaproth: Chemische Untersuchungen der Metallmasse von antiken chernen Waffen und Geräthen. Gehles Journal für Chemie, Physik und Mineralogie, 6, 1807. 13. f. 15. sz. 351—358. l.

⁵ F. Wiebel: Beiträge zur Kenntnis antiker Bronzen vom chemischen Standpunkte. Hamburg, 1863. — F. Wiebel: Das gediegene Kupfer. Hamburg, 1864.

⁶ W. Witter: Die Ausbeutung der mitteldeutschen Erzlagertstätten in der frühen Metallzeit. Leipzig, 1938. — W. Witter: Die älteste Erzgewinnung im nordisch-germanischen Lebenskreis. Leipzig, 1938.

⁷ H. Otto—W. Witter: Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa. Leipzig, 1952.

nak nyersanyaguk kémiai jellegzetességével történő összehasonlítása során már megjelentek az alapvető nehézségek. Azok a készítmények, amelyeknek analízise közös kémiai jellegzetességet mutat, Európa különböző részeiről származnak, azaz a hasonló kémiai jellegzetességű rezek különböző, gyakran egymástól egészen távolieső központokból származnak. Még nagyobb nehézségek támadtak akkor, amikor e réztárgyak analízisének eredményét a különböző rézlelőhelyek érceinek kémiai sajátosságaival hasonlították össze. Ezért a szerző kénytelen volt általános megállapításokra szorítkozni és alapjában véve csak a szulfidos ércekre korlátozták magukat.

Az első lépés mindenesetre megtörtént és Witternek elmúlhatatlan érdeme az, hogy a spektrografikus módszereknek a történelmi kutatások céljaira való alkalmassá tételén és az ily eredményeknek viszonylag nagy mennyiségben való összegyűjtésén túlmenően felhívta a figyelmet arra, hogy mely szennyeződéseknek van legnagyobb jelentőségük a réz kémiai jellegzetességének megállapításánál. Túl korainak látszik azonban ezzel szemben ilyen vizsgálatok tárgyává tenni az e szempontból oly komplikált nyersanyagokat, mint pl. a bronz. A háború utáni időszakban a rézkészítmények származásának a nyersanyagukban található szennyeződések összehasonlítása útján történő vizsgálatával két másik kutatóintézet foglalkozott. Az egyik Oxfordban, a másik Stuttgartban működik.

Oxfordban e vizsgálatokat C. Hawkes, S. A. Young, H. J. Case és H. H. Coghlan végzik. Két kisebb tanulmányban⁸ Írország és Anglia területéről származó rézkészítményeknek mintegy 50 spektrografikus analízisét közlik. A vizsgálat tárgyává tett készítmények, elsősorban török és kis balták, kémiai jellegzetességét a bennük található arzén- és antimontartalom különbségével fejezik ki. Az így meghatározott kémiai jellegzetességeket megkísérelték összekapcsolni a vizsgálat tárgyává tett készítmények formáival. Nagy vonásokban az mutatkozott meg, hogy a vizsgálat tárgyává tett és Írország területén feltárt török és kis balták az antimonnál jelentősen nagyobb mennyiségben foglalnak magukban szennyező anyagként arzént. A készítmények alakjuk és díszítésük szempontjából eltérnek ugyan egymástól, de jelentős részüknek az alakja legalább is nagyon közeli azokéhoz, amilyenek az európai kontinens területén is találhatóak.

Mindebből megállapítható, hogy az oxfordi intézet kutatásai nem haladtak pontosan a Witter által kijelölt úton. Jelentősen kisebb kutatási területre határolták magukat, aminek következtében viszont sikerült nekik valójában nem nagyon széleskörű, ellenben konkrét eredményekre jutniok. Nevezetesen bizonyos közös jellegzetes adatokra tettek szert arra a nyersanyagra vonatkozólag, amelyből az azon a területen előforduló és legalább bizonyos körön belül formai rokonság által összekapcsolt tárgyak készültek.

Ezzel szemben — legalább is eddig — az oxfordi intézet beírta. Pedig nem kevésbé fontos volna kutatni azt, hogy az Anglia és Írország területén feldolgozott nyersanyag milyen ércekből származik. Igaz, ezeknek az országoknak területén gazdag rézérclelőhelyek vannak, amiből arra lehetne következtetni, hogy a feldolgozott réz helyi származású; megfelelő vizsgálatok elvég-

⁸ *H. H. Coghlan*: Studies of British and Irish Celts. First series. Reports of the Ancient Mining and Metallurgy Committee of the Royal Anthropological Institute. London 1953, July, nr. 150, 97—101. l. — *H. Case*: Studies of Irish and British Early Copper Artifacts. Second series. Uo. 1954, February, nr. 21, 18—27. l.

zése nélkül azonban erre vonatkozólag bizonyosságot szerezni nem lehet. A vizsgálat tárgyává tett készítmények helyi származását nem egy esetben a formai kritériumok sem igazolják teljes bizonyossággal, emellett pedig antimonnál több arzént Európa más területeiről származó rézből készült tárgyak nagy részének nyersanyagában szintén lehet találni.

Amint látható tehát, az oxfordi intézet egyelőre csupán arra korlátozta magát, hogy a két elem egymásközti viszonyának megállapítására korlátozott eredmények elérésére tegyen kísérletet, ezzel szemben nem kapcsolta össze a készítmények nyersanyagának jellegzetességét az ércek kémiai jellegzetességével. Jelentős lépésként kell viszont elismerni azt, hogy a kísérleteket nem véletlenszerűen összeválogatott készítményeken végezték, hanem olyanokon, amelyek legalább is bizonyos mértékben formai és származási szempontból egymással kapcsolatban voltak.

Stuttgartban a kutatásokat 1949-ben S. Junghans, E. Sangmeister, H. Klein, E. Scheufele és M. Schröder⁹ végezték. Az intézet jelenleg évenként több mint ezer analízis elvégzésére képes. Kutatásai egészen más irányban haladtak. Elsődleges célként, legalábbis a kutatások első szakaszában, csak annak vizsgálatát tűzték ki, hogy milyen nyersanyagfajtát használtak az egyes kultúrákban és különböző időszakokban, s nem azt, hogy a felhasznált réz milyen ércből származott. Ezért a készítmények nyersanyagainak kémiai jellegzetességét csak egymás közt hasonlították össze. A módszer, amellyel ezt a kutatást végzik, a matematikai statisztika alapelveire támaszkodik.

Ilyen elgondolás mellett alapjában véve közömbössé válik, hogy a vizsgálat tárgyává tett nyersanyag réz-e, vagy bronz. Mivel ebben az esetben nincsen szó a nyersanyagnak az érccel való kapcsolatáról, nem kell figyelembe venni, vajon a tárgyakban előforduló szennyeződés a rézzel vagy pedig az ónnal került-e beléjük. Ebből a szempontból ez a módszer mindenképp sokat ígérőnek mutatkozott. A kutatások során a rezen kívül egyelőre a korai bronzra korlátozták magukat, bizonyára abból az elgondoláshból indulva ki, hogy később, mikor már valószínűleg gyakran használtak fémtörmelékét, annyira komplikálttá válik a nyersanyag összetétele, hogy legalábbis a kutatások kezdeti szakaszában ennek szemumeltartása a kutatások eredményeiből alkotható kép összezavarására vezethet.

A stuttgarti intézet ennek az új módszernek alkalmas voltáról meggyőződni óhajtván, 1953-ban módszerei kísérletet végzett. Ennek kissé részletesebb ismertetése szükséges ahhoz, hogy alkalmazásáról és céljairól tájékozódhassunk.

S. Junghans 1946-ban fejezte be azt a munkát, amelynek célja volt Dél-Németország területén a késői neolitikumból, valamint a bronzkorszak korai szakaszából a réz- és a bronzkészítmények különböző formái csoportjainak előfordulási körét a lehető leghibiztosabban megállapítani. A leletek időrendi sorrendjét kizárólag tipológiai kritériumok, valamint a zárt területről származó leletek kapcsolatai alapján állapították meg. Ennek eredményeként bizonyos formákat a helyi kultúrákkal összekapcsolva, a késői neolitikumba, másokat a korai bronzkorba helyeztek át, másokat pedig a bronzkorszak középső

⁹ S. Junghans—H. Klein—E. Scheufele: Untersuchungen zur Kupfer- und Frühbronzezeit Süddeutschlands. Bericht der Römisch-Germanischen Kommission 1951—1953 (XXXIV). Berlin 1954. 77—114. l. — S. Junghans—E. Sangmeister: Bericht über den Fortgang von spektralanalitischen Untersuchungen an kupferzeitlichen Bodenfinden Europas. Germania, 1957 (XXXV) H. 1/2, 11—18. l.

szakaszába. E sorrend megállapításánál tekintetbe vették a leletekben előforduló importkészítményeket is.

Ellenőrizni akarván azonban azt, hogy e módszerrel helyesen állapították-e meg a formák elterjedtségét és időrendi sorrendjét, pótlólag ellenőrző vizsgálatokat végeztek. Ebből a célból a készítmények nyersanyagának spektrografikus-mennyiségi analízise útján nyert kémiai sajátosságait hasonlították össze. E korszakból származó és a készítmények különböző formai csoportjaiba tartozó 410 darabot vettek vizsgálat alá. Ezek közül 10% zárt leletekből származott, míg a többi tipológiailag meghatározott formájú, de különböző helyekről származó készítmény volt. Arra törekedtek, hogy lehetőleg a legtipikusabb formákat válasszák ki, de a vizsgálat tárgyává tett egész területen a lehetőséghez képest tekintettel voltak a különböző típusok előfordulási arányaira is. A spektrografikus-mennyiségi analízis révén megállapították azt is, hogy e készítmények közül melyek készültek rézből és melyek bronzból, határként 2%-os óntartalmat véve alapul. Úgy látszott, hogy 299 készítmény rézből és 111 bronzból készült.

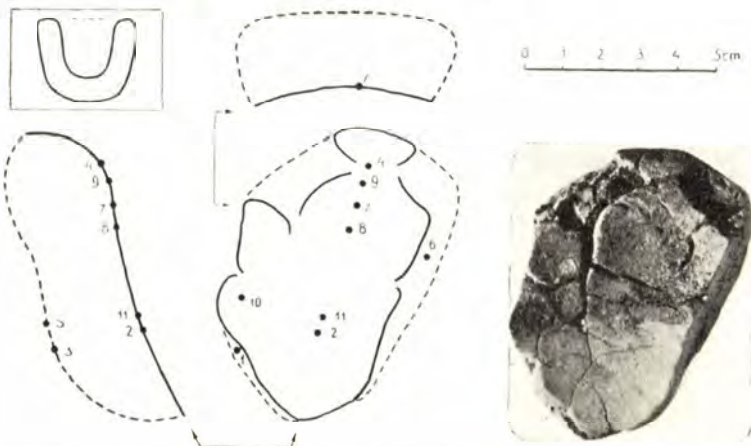
Amikor az összes készítmény nyersanyagában levő szennyeződések kémiai jellegzetességeit megkapták, befejeződött a kutatások első szakasza. Ekkor tértek át a statisztikai számításokra. Az átlagos ezüst-, nikkel-, bizmut-, antimon-, arzén-, ólom- és óntartalom alapján az analízis eredményét négy (A, B, C, D) csoportba osztották. Ekkor azonban a 2%-nál nagyobb mennyiségű ónt már nem tekintették szennyeződésnek. E csoportok szerint osztották be a készítményeket a földrajzi, valamint a tipológiai úton nyert formai keretekbe.

Ez az összeállítás fejezte be az előkészületi munkálatok második részét és ezeket az eredményeket kapta kézhez az archeológus. Már az első rápillantás lehetőséget adott annak megállapítására, hogy bizonyos kultúrák, illetőleg importok egyes készítménycsoportjai a négy nyersanyagcsoport egyikével kapcsolatosak. Ez még nyilvánvalóbbá lett, amikor a vizsgálat tárgyává tett készítményeket térképen az egyes formai körzeteken belül helyezték el, és előfordulási helyeiket az egyes nyersanyagcsoportok számára elfogadott jelekkel jelölték meg. Ennek az összeállításnak alapján nagyon értékes következtetéseket lehet levonni. Az első közülük tulajdonképpen annak megállapítása, hogy bizonyos formatípusok és nyersanyagcsoportok között szoros kapcsolat van. Ez kilátásba helyezi azt, hogy az alapanyag kémiai vizsgálatának eredményei által ellenőrizni lehet a tipológiai kutatások eredményeit. Azzal, hogy a kutatásokba a zárt leletekből származó készítményeken kívül a velük tipológiailag ugyan kapcsolts, de különböző helyekről származó készítményeket is bevontak, alkalmassá tették ezt a módszert arra, hogy általa, ha nem is tipológiai, minden esetre azonban kulturális vagy kronológiai szempontból nem túlságosan pontos meghatározottsággal rendelkező leletek egymás közötti kapcsolata pontosabban megállapítható legyen.

Nem kevésbé értékes következtetéseket vontak le a készítmények relatív formai kronológiájának, valamint a fémgyártás fejlődésének szempontjából. Azok a kutatások, amelyek arra irányultak, hogy a készítmények közül melyek készültek rézből és melyek bronzból, lehetőséget adtak annak a megállapítására, hogy a készítmények formáinak bizonyos csoportjai, amelyeket eddig a bronzkorszakkal kapcsoltsak össze, tiszta rézből készültek. E kutatások végeredményben bebizonyították, hogy Dél-Németországban a tiszta réz feldolgozásának időtartama hosszabb volt, mint ahogy azt eddig feltételezték,

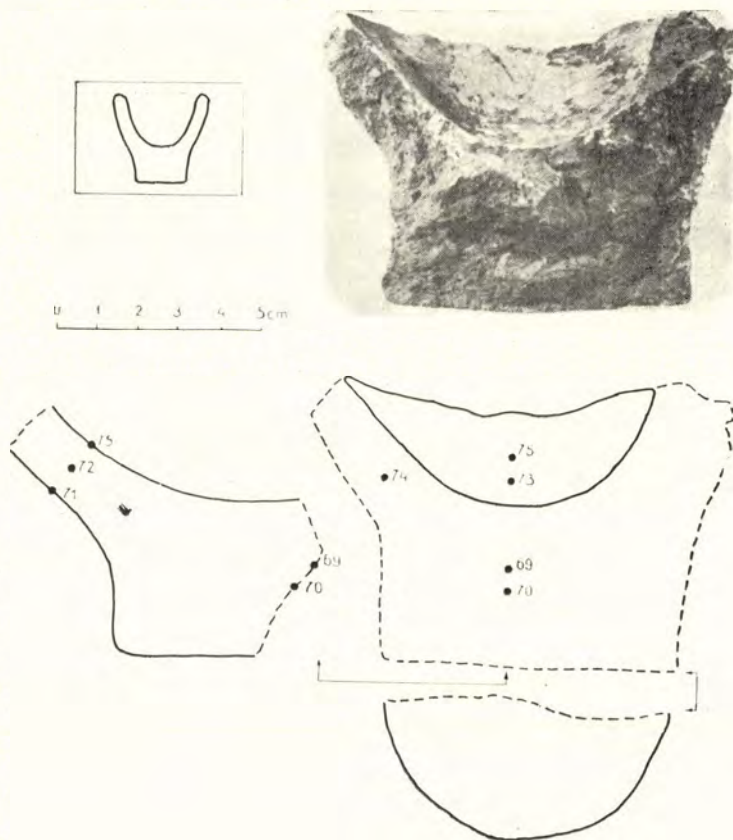


1. ▲ A tiszai és a festett szalagdiszes kultúra zárt lelőhelyei Lengyelországban
 ■ Fontosabb középkori rézerelelőhelyek
 ■ Kisebbs jelentőségű középkori rézerelelőhelyek



2. Złota-ban (Sandomierz-i járás) talált tégelytöredékek egyike, a kohászati és kovartartalmi-vizsgálat céljára vett darabok helyének megjelölésével

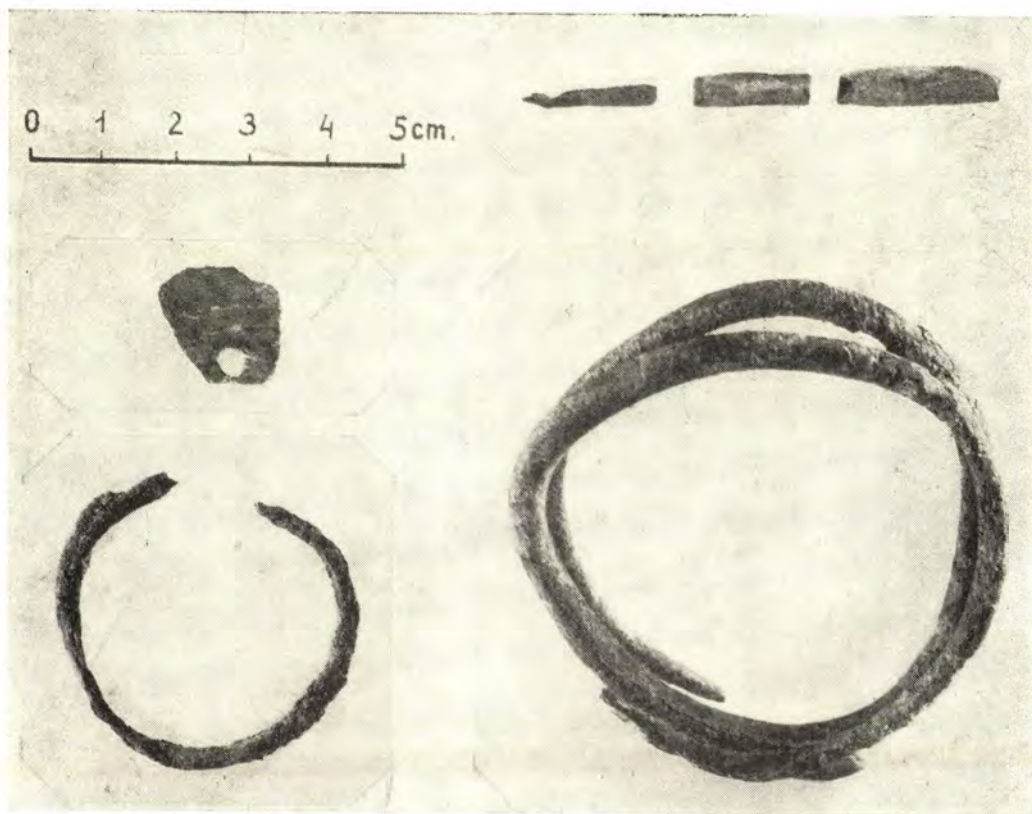
II. TÁBLA



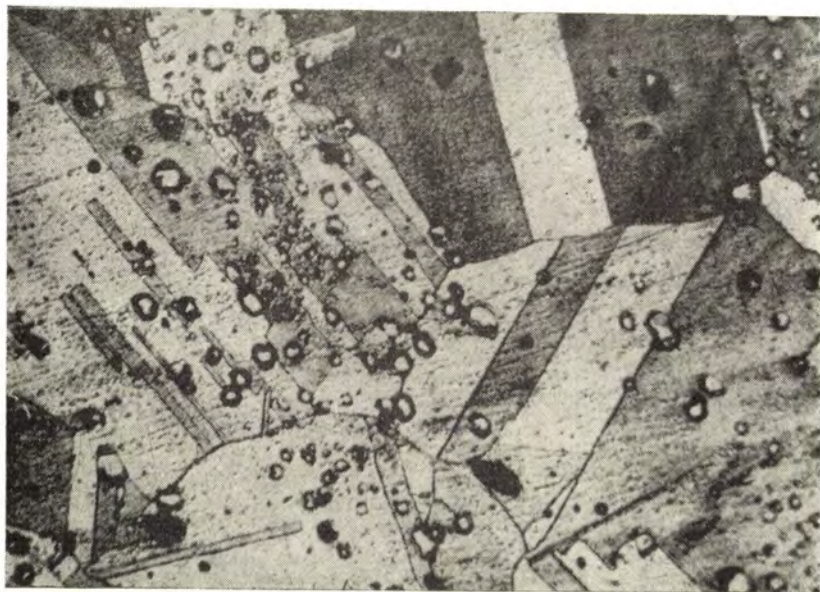
1. Zlota-ban (Sandomierz-i járás) talált tégelytöredékek egyike, a vizsgálat céljára vett darabok helyének megjelölésével



2. Rézolvastás, valamint a rézolvastásnál használt ó-egyiptomi tégelyfajta az i. e. második évezred közepéről

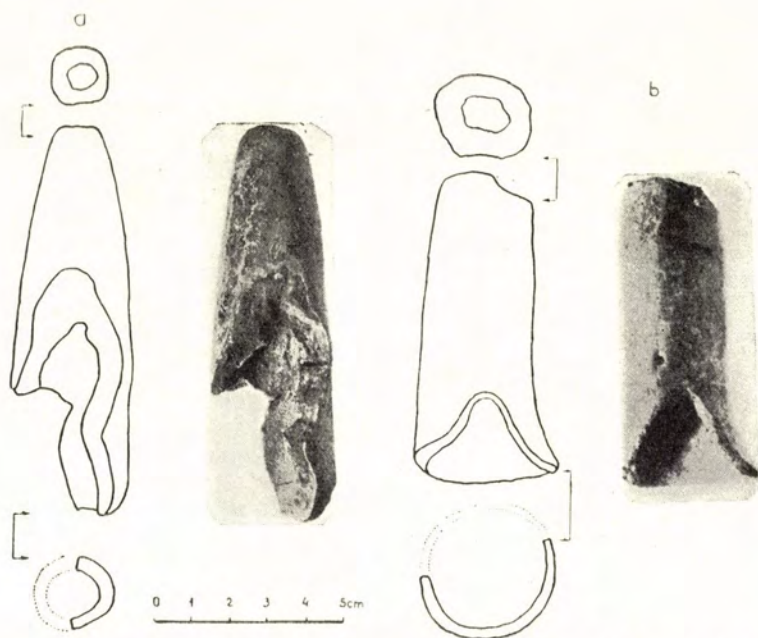


1. Złota-ban (Sandomierz-i járás) talált rézkészítmények

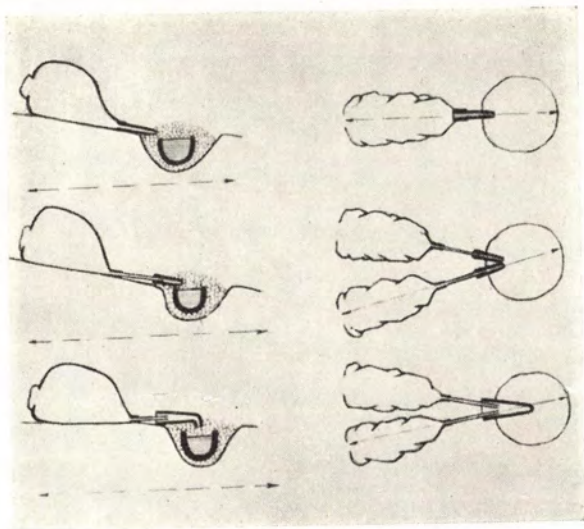


2. Rézlemezről készült dísz tárgy nyersanyag szerkezete, 500-szoros nagyítás

IV. TÁBLA



1. Złota-ban (Sandomierz-i járás) talált fujtatók agyagfúvókatöredékei



2. A fujtatófúvókák fejlődését bemutató vázlat

és hogy a bronzból való készítményeket későbbi korokra kell datálni. Ugyanakkor nyilvánvalóvá vált, hogy a rézkorszak e hosszú időszakából származó leletekkel együtt előkerült bronztárgyakat importálták, amit mind alakjuknak, mind pedig nyersanyaguk összetételének elemzése egyaránt megerősített. Ezek a megállapítások nagy jelentőségűek a réz- és bronzkohászat, ezzel kapcsolatban a munkaeszközök, valamint az akkori termelési eljárások s az akkori egész kultúra fejlődésének megállapítása szempontjából.

Amint tehát a stuttgarti intézet által végzett kísérleteknek ebből a leírásából megállapítható, minden arra mutat, hogy a nyersanyag kémiai sajátosságait feldolgozó statisztikai módszernek minden lehetősége megvan arra, hogy az archeológiai kutatásokban komoly szerepet játsszék. Ez a módszer még csekély adatok alapján is sokat mondhat, a legjobb eredmények azonban akkor érhetők el, ha tömeges kutatásokkal van dolgunk. Remélni lehet, hogy a spektrografikus kutatások fejlődésének mértékében az ilyenfajta számításokon nyugvó történelmi következtetések is mind többet fognak mondani.

Mindez arra is rámutat, hogy a matematikai statisztika — ez a viszonylag új és nehéz kutatási módszer — mely a különböző kutatási területeken mind fontosabb szerepet tölt be, nagy jelentőséggel fog bírni az archeológiai és a numizmatikai kutatásoknál is. De amennyire sokat ígérő a Stuttgartban alkalmazott statisztikai módszer a tipológiára támaszkodó következtetések kiegészítését illetően, annyival nehezebbnek látszik a nyersanyag származási helyére vonatkozó adatoknak ezen az úton való megszerzése. Természetesen a statisztikai úton szerzett eredmények azokra a fő útvonalakra vonatkozólag is adnak általános tájékoztatást, amelyeken a rézkészítmények, illetőleg nyersanyaguk vándorolt, azt azonban nem tudják pontosan megmondani, hogy milyen érclelőhelyről származnak. A történészek, mindeneelőtt pedig a bányászat és kohászat történészei ebben az irányban is erős érdeklődést tanúsítanak.

A fentebb említett három kutatóintézetben 1957-ig végzett spektrografikus kutatások eredményeként a történészeknek neolitikus és korai bronzkori réz- és bronzkészítmények 2260 mennyiségi és félmennyiségi spektrografikus analízise áll rendelkezésre. A megvizsgált tárgyak főként Németország, kisebb mértékben Anglia, Dél-Franciaország, Észak-Olaszország, Magyarország, Csehország és egyes lengyel részek, mint Alsó-Szilézia és Tengermellék területéről származtak.

W. Witter tapasztalatait, valamint az oxfordi és a stuttgarti intézetekben végzett kutatások eredményeit felhasználva a Złotában feldolgozott réz-nyersanyag származásának megállapítására vonatkozó kísérleteknél még más utat is kerestünk. Jelentős könnyebbséget okozott az, hogy a vizsgálat tárgyává tett salak, nyersanyag és készítmények rézből voltak és nem a vizsgálat szempontjából sokkal komplikáltabb nyersanyagból, mint pl. bronzból. Egyszerűbbé tette dolgunkat az is, hogy ezek a kutatások nem különböző helyekről származó és különböző kultúrákhoz tartozó leletekre, hanem zárt és — mint ahogy az később megmutatkozott — a termeléshez közvetlenül kapcsolódó leletből származó tárgyakra irányultak. Ez adott bátorítást e kutatások elvégzésére. Ebben a helyzetben alapelvül azt állítottuk fel, hogy a legjobban ellenőrizhető kutatási eredményt a legegyszerűbb, a legkönnyebben vizsgálható, de egyben ebből a szempontból a legmértékadóbb tárgy vizsgálata adhat. Erre a célra pedig nehezebb lett volna alkalmasabb készítményeket találni, mint azokat, amelyek csak rézből valók, s ugyanarról a helyről és — mint ahogy nyilvánvaló lett — ugyanabból az időszakból és ugyanabból

a kultúrából származnak, mindezeken felül pedig nyersanyaguk és salakjuk is jelen van.

Ebben az esetben a rézből készült nyersanyag, a termékek és készítmények maradványainak kémiai jellegzetességeit egymás közt összehasonlítva, feleletet csak arra keresünk, hogy e sajátosságok egységesek-e, vagy különbözők, és amennyiben egységesek, akkor e sajátosságok milyen viszonyban vannak a réz különböző salakjainak kémiai sajátosságaival. Mivel, legalább is Közép-Európa területéről, nem állott rendelkezésre elégséges mennyiségű réz-ércpróbaanyag, már előre tisztában voltunk azzal, hogy csak a lengyel területeken található salakot vehetjük figyelembe. Ennek következtében a kérdés tulajdonképpen csak annak a megállapítására szorítkozott, vajon a Złotában feldolgozott, illetőleg az ott feltárt készítményekben levő réz hazai eredetű-e, vagy sem.

A kutatásokat ebben az irányban még jobban el akarván mélyíteni, továbbá ellenőrizni akarván azt, vajon ezen az úton tényleg lehetséges-e a készítmények egy csoportjának valamiféle egységes kémiai sajátosságait megkapni, elsősorban a szalagdiszes kerámia-kultúra időszakából származó rézkészítmények közül néhány más csoportot is vizsgálat tárgyává tettünk.

A rézkészítmények, a hazai réz, valamint az ércarbonátok spektrografikus vizsgálatainál három mintát használtunk fel. Ezek közül az egyiket olyan tisztított réz kémiai súlyanalízise után nyertük, amely a XIX. század elejéről a Kielce környéki białogoni hutából származott. Ezen az alapon lehetővé vált, ha nem is mennyiségi, mindenesetre azonban félmennyiségi kutatás elvégzése, úgy, hogy az egésszéknel ($++$), a tizedéknél ($+$), a századoknál (\bullet) és az ezredéknél (\cdot) % jelölést alkalmazhattunk. A két rézkarbonát-érc súlyanalízise útján végzett kémiai vizsgálat megerősítette azt, hogy a megjelölések kikerekítésénél ugyanazok a minták az ugyanazon fajta nyersanyagnál szintén használhatók. Minden darabkának kétszer történt megvizsgálása lehetőséget ad az alkatrészek szétválasztásából eredő hibák elégséges elkerülésére.

A XIX. század elejéről származó réz megvizsgálása azonkívül, hogy ezen az úton mintát lehetett nyerni és a kielcei réz kémiai sajátosságát meg lehetett állapítani, még egy haszonnal járt. Mint ismeretes, az arzénnek jelentősen alacsonyabb a forráspontja, mint az antimoné. Az ezt a két szennyeződést magában foglaló réz darabkáit ívek vagy szikrák gerjesztéséhez szükséges magas hőmérsékleten vizsgálva, az arzén sokkal gyorsabban párolog, mint az antimon. E két fémnek ezeket a sajátosságait már nagyon is jól ismerték azok a középkori bányászok is, akiknek ilyen szennyeződéseket tartalmazó rézércel volt dolguk. Tökéletesen tájékozódva voltak arra nézve, hogy pörkölésük idején sokkal könnyebb azoknak az érceknek megtisztítása, amelyekben fő szennyeződésként az arzén fordul elő. A további kohászati munkálatok során e két szennyeződés elsalakosodott. Meg kellett azonban ezután vizsgálni azt, hogy a későbbi kohászati folyamatok, valamint a kísérleti spektrografikus vizsgálatok nem változtatták-e meg e két szennyeződésnek mennyiségi viszonyát oly mértékben, hogy indokolatlanná válják a fém ércelelőhelyei, valamint a régi készítmények nyersanyaga közötti kapcsolatnak ez úton való keresése.

A XIX. századeleji réz, valamint ugyanezen fém helyi ércei rézkarbonátjainak spektrografikus vizsgálatai választ adtak e kérdésekre. Amint azt az eddigi kutatások kimutatták, de amit az említett ásványok jelenleg végzett spektrografikus vizsgálatai is igazoltak, a kielcei ércek sokkal nagyobb

mennyiségű arzént tartalmaznak, mint antimont. A XIX. századeleji rézben a szennyeződés mennyisége viszonylag nem nagy, annyira azonban mindenesetre nagy, hogy biztonságot nyújtson a feldolgozott érc szulfidos voltára. A szennyeződésnek ez a csekély mennyisége azt bizonyítja, hogy tisztított rézről van szó. A réz ugyanis a kohászati folyamatok egész során ment keresztül, amely idő alatt ugyanazok a pörkölési, illetőleg salakbakerülési feltételek voltak adva mind az arzén, mind pedig az antimon számára. Az ércben az arzéntartalom ily nagy túlsúlya mellett a kezelések során az egymásutáni koncentrátumokban az antimon-szennyeződés és a réz csökkenése egészen természetesen aránytalanul nagyobb volt, mint amilyen az arzéné. Végeredményben azonban — amint azt a XIX. századeleji réz néhány darabján végzett vizsgálatok kimutatták — az arzén sokkal nagyobb mennyiségben maradt meg benne, mint az antimon. A két szennyeződés kölcsönös mennyiségi viszonya úgy alakult, mint a helyi érekarbonátban.

A salak vizsgálatánál csak a minőségi vizsgálatokra korlátoztuk magunkat. Az egyezményes jeleknek, melyeket a nyomoknak ponttal történő jelölésétől kezdődőleg egy, kettő és egészen a három keresztig alkalmaznak, egyetlen feladatuk az, hogy az egymásután vizsgálat tárgyává tett részecskéiben az egyes elemek mennyiségében észlelt különbségeket jelöljék. Ezzel szemben semmiképpen sem céljuk, hogy mennyiségük százalékos arányát tüntessék fel. A salakanalízis eredményei viszonylag oly nagy számának a megvizsgálása ebből a szempontból már anélkül is bizonyos feltevésekre késztet.

Így pl. a vizsgálat tárgyává tett 24 darabkából csak 4-ben találtak, mégpedig legalacsonyabban értékelhető arzént, valójában tehát csak gyenge nyomokat. Ezzel szemben ugyanezekben a darabkákban tizenötször annyi antimont mutattak ki. 5 esetben csak mint nyomot tüntették föl, 8 esetben pedig ponttal és kétszer keresztrel lehetett megjelölni. Nem minden jelentőség nélküli az a tény, hogy mind a négy esetben, amikor az arzén nyomokban előfordult, az antimon is csak nyomokban szerepel. Noha minták hiánya miatt e két elem előfordulásának még ilyen szuggesztív alakulásánál sem volt lehetséges semmiféle konkrét mennyiségi következtetést levonni, mégis ezek az eredmények, a Złotában talált készítmények rezében az antimonnak az arzén feletti kifejezett túlsúlya felismerése révén, továbbá a spektrografikus félmennyiségi vizsgálatok útján felismert antimon-túlsúly megállapítása révén, a vizsgálat célkitűzése szempontjából jelentőségre tettek szert.

A vizsgálatok eredményeként sikerült megállapítani, hogy a Złotában, a kujaviai Brześćben, sőt a podoliai Bilez-ben feltárt és vizsgálat tárgyává tett minden, a festett szalagdiszes kerámiakultúrával kapcsolatos rézkészítmény, a rokon tripoljei kultúra területén feltártakkal együtt közös kémiai jellegzetességgel rendelkezik. Ez elsősorban az antimonnak az arzén feletti túlsúlyában jut kifejezésre. A Złotából származó salakok is, noha a vizsgálatoknál csupán minőségi analízist alkalmaztak, szintén ezt látszanak bizonyítani. Hasonló jellegzetességet mutat a Złotából, valamint a Wyciaz-ból (krakkói járás) származó két rézkészítmény is, noha már a kissé későbbi sugár- és zsinórdiszes kerámia-kultúrából származnak. A Złotából származók közül csak egyik darab mutat a két fém között fordított viszonyt, ennek kulturális hovatartozandósága azonban egészen bizonytalan. De más szennyeződések is hasonlóságot látszanak mutatni, a fúvókába dugott csőben található nyersanyag szennyeződései kivételével, ahol bizonyos mennyiségű ón is előfordul, ugyanúgy, mint a zsinórdiszes kerámiakultúra idejéből származó gyűrű rezében is.

Ezzel szemben más kémiai jellegzetességgel rendelkeznek a szalagos kerámiakultúra harmadik lengyelországi lelőhelyéről, nevezetesen Jordanów-ból származó készítmények. Ezeknek az esetében mind az arzén, mind pedig az antimon jelentősen kisebb, de többé-kevésbé egyenlő mennyiségben fordulnak elő. A bismut és az ezüst mennyisége szintén jelentősen kisebb, míg az ólom mennyisége ezzel szemben sokkal nagyobb.

A kutatásoknak ezek az eredményei azt bizonyítják, hogy a lengyel területeken, de Podoljában (Szovjetunió) is a szalagdiszes kerámiakultúra elterjedésének keleti periferiáján abban az időben már dolgoztak fel rezet, illetőleg felhasználták e fémből való készítményeket. Ezeket az arzénál nagyobb mennyiségű antimon szennyeződés jellemzi, az egyéb szennyeződések összetétele pedig arra utal, hogy nem egyetlen érlelőhellyel van dolgunk. E kultúra nyugati területein más fajtájú, a fentebb leírt kémiai jellegzetességekkel rendelkező rezet használtak. Amint azt a kutatások minden esetben igazolták, a feldolgozott nyersanyag itt hazai réz volt, illetőleg karbonátérc átdolgozásából származott. E kétfajta réz származását megvizsgálni óhajtván, szükséges volt különböző lelőhelyek rézérceinek jellegzetességeit megvizsgálni, de nemcsak az alapul szolgáló kénes ércét, hanem elsősorban a karbonátos ásványokét és a hazai rézét, megállapítandó, hogy ezek a nyersanyagok milyen mértékben őrzik meg elsődleges lelőhelyeik kémiai jellegzetességeit. Ebből a célból kettős télmennyiségi vizsgálatot végeztünk. E nyersanyagokra vonatkozólag mintegy száz vizsgálatot folytattunk le az összes lengyel érlelőhelyekről, valamint Románia, Szlovákia, Magyarország, Volhinia (Szovjetunió) és Németország, sőt még Tirol és az Urál egyes érlelőhelyeiről is.

E vizsgálatok megmutatták, hogy a nyersanyagok különböző kémiai jellegzetességgel rendelkeznek. Ilyen módon az összes lengyel érlelőhelyekről származó minták, mint szennyező anyagot, jellegzetes túlsúllyal tartalmaztak arzént az antimonnal szemben, illetőleg a tátrai érlelőhelyekről származó minták kivételével az antimon teljesen hiányzik belőlük. Mindazonáltal ezek is bizonyos különbségeket mutatnak egymás között. A kielcei érlelőhelyekről vett minták bizonyos kismennyiségű antimont tartalmaznak, amíg az alsósziléziai két érlelőhely mintadarabkáiból, valamint a Kárpátokban levő monasterzeci rézből az antimon teljesen hiányzik. Csak az alsósziléziai miedziankai rézdarabkák mutatnak bizonyos mennyiségű ónt és csak a monasterzeci réznél hiányzik teljesen a kobalt és az ón. Amint tehát látható, van mód a különböző lengyel érlelőhelyekről származó nyersanyagok egymásközi megkülönböztetésére.

E vizsgálatokból kitűnik, hogy az a réz, amelyből a lengyel területeken a szalagdiszes kerámia tartamának idején használt készítményeket csinálták, nem származhatott hazai lengyel, sem a volhiniai érlelőhelyekről. A Tátrában levő ornaki érlelőhely ebből a szempontból nem jöhetett számításba, mivel ott abban az időben nem volt település.

Ezzel a megállapítással alapjában véve ki is merül az, amit a Złotában feldolgozott réz származásáról a kémiai vizsgálatok alapján mondhatunk. Nehéz volt azonban csak erre korlátozódni. Hiszen a Kárpátoktól délre, Cseh-szlovákiában, Magyarországon, Romániában igen gazdag rézlelőhelyek vannak. Pontos vizsgálat nélkül még azt a lehetőséget sem lehet elvetni, hogy a złotai réz még távolabbi helyekről, pl. Jugoszláviából, Németországból vagy esetleg Kis-Ázsiából származik.

E kísérleteknél elsősorban az erdélyi, magyarországi és szlovákiai réz-lelőhelyek felé kellett volna fordulni, ahol nagyszámú és gazdag antimonércék találhatóak. A szóbanforgó rezeknek onnan való származása mellett látszik szólni az ottani tetraedritek analízise is. A réz szinte minden kénes ásványos kísérleti darabkája, de azok is, amelyeknek kémiai jellegzetessége az irodalomból ismeretes, az antimonnak az arzén feletti jelentős túlsúlyát mutatják.¹⁰ Ezek közé tartoznak pl. a Bánát és Szlovákia rézben oly gazdag érlelőhelyeiről származó mintadarabok. Sajnos azonban, nem sikerült egyetlen helyi réz-darabkát, illetőleg karbonátércet szerezni azokról az érlelőhelyekről, ahonnan a megvizsgált antimontetraedritek származtak. Így azt sem sikerült megállapítani, hogy a belőlük származó nyersanyag milyen fokban őrzi meg kémiai sajátosságait.

Hasonlóképpen nagyon érdekesnek ígérkezik pl. a magyarországi eneolitikumban feldolgozott réz szennyeződéseinek kémiai összetétele is. Erre vonatkozólag a legjobb bizonyító anyagot a tiszapolgári csoportból származó hat készítmény megvizsgálása nyújthatna.¹¹

A Kárpátoktól délre fekvő területekről származó réz nyersanyagainak tehát nagyon összetett a kémiai jellegzetessége, és e kérdésre vonatkozólag valamivel konkrétebb megállapítást csak minden ottani érlelőhely nyersanyagának megvizsgálása után lehet majd tenni.

Ilyenformán a réz, de még inkább a bronz nyersanyagának származására vonatkozó kezdeti munkálatok azt mutatják, hogy sok kémiai vizsgálatra lesz még szükség. Ezekre a vizsgálatokra lehet felhasználni a spektrografikus módszert. E módszer különösen megfelelő mintadarabok előkészítése után komoly eredményeket ígér. A Kárpátoktól délre fekvő területeken a réz komplikált kémiai sajátosságaiból következik, hogy az összes érlelőhelyek kémiai sajátosságainak pontos ismerete nélkül nem lesz lehetséges megállapítani a régi készítmények származását.

A Lengyel Tudományos Akadémia Anyagi Kultúra Történelmi Intézete, amely Lengyelországban az archeológiai kutatásokat is irányítja, hozzáfogott ilyen kutató munkahely szervezéséhez. A jelen értekezés kivonata egy, erre a témára vonatkozó nagyobb dolgozatnak. Komoly eredményeket azonban csak Közép-Európa minden országának területén dolgozó kutató együttműködésével és segítségével lehet majd elérni.

¹⁰ W. Watocki: Żył mineralne na Ornaku w Tatrach zachodnich. Kraków, 1953. Odbitka z XX Rocznika Polskiego Towarzystwa Geologicznego z roku 1950 11—60. l.

¹¹ E helyen mond köszönetet a szerző a Budapesti Történelmi Múzeum vezetőségének Tiszapolgárról származó készítmények néhány kísérleti darabjának adományozásáért.

A vizsgálat sorszáma	A vizsgálat minősége	A vizsgált minta	Az analízáló neve	A vizsgálat eredménye
1.	Ásványtani mikroszkopikus	A tégely belső falának anyaga	L. Koci-szewski	Mintegy 60%-a kb. 50 mikronos kovaszem, egyesek azonban egészen 0,2 mm-es nagyságig; 25—30%-a vasvegyületekkel erősen szennyezett iszapos anyag. A maradék: földpát, muszkovit, biotit, cirkonium, továbbá vasvegyületek. Általános jellemzése; lőszhöz közelálló anyag.
2.	Spektrografikus	A tégely belső oldaláról vett tégelyanyag	H. Pawlowska	SiO ₂ kb. 80%; Al ₂ O ₃ —10,12%; CaO—8,9%; MgO—1,4%
3.	„	A tégely külső oldaláról vett tégelyanyag	„	SiO kb. 80%; Al ₂ O ₃ —9,33%; CaO—8,9%; MgO—0,75%
4.	Ásványtani mikroszkopikus	A tégely belső oldaláról vett tégelyanyag	L. Koci-szewski	Világos lemezek, erősen elhomályosodott csillámok, ami arra mutat, hogy azon a helyen több mint 1000 C° volt a hőmérséklet.
5.	„	A tégely külső oldaláról vett tégelyanyag	„	A csillámok fénye világos maradt, ami arra mutat, hogy a hőmérséklet ezen a részen jelentősen alacsonyabb volt, mint a tégely belső falán
6.	Hőmérsékletkülönbségi	A tégely belső faláról vett tégelyanyag		A melegítési görbe 20—950 C° között azt mutatja, hogy a vizsgálat tárgyává tett darab először a higroszkopikus nedvességét veszítette le, azután az organikus részekben az égetés következtében egzotermikus hatások álltak elő
6.	Termo-mikroszkopikus	„	„	A csillámok fénye világos maradt, ami arra mutat, hogy a hőmérséklet azon a részen alacsonyabb volt, mint a tégely belső oldalán. A csillámok színváltozásának hiánya nem biztosíték arra vonatkozólag, hogy a megvizsgált anyag átesett-e megégetésen, azaz a termomikroszkopikus vizsgálat csak azt a hőmérsékletet tudta kimutatni, amelyet a kiegészítés alkalmával nem léptek át. Nem lépte át a 990 C°-t

A vizsgálat sorszáma	A vizsgálat minősége	A vizsgált minta	Az analizáló neve	A vizsgálat eredménye											
7.	Spektrografikus félmennyiségi	Zöld salak	I. Galázka	Cu	Fe	Ni	Co	Sn	Zn	Pb	As	Sb	Bi	Ag	
				x	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nyo- mok
8.	„	„	„	x	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nyo- mok
9.	„	Bronzsalak	„	+	+	-	-	-	-	nyo- mok	nyo- mok	•	•	•	
10.	„	Fekete salak	„	x	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•
11.	„	A tégely belső oldaláról vett anyag		+	+	nyo- mok	-	-	-	nyo- mok	-	-	-	-	

ТАДЕУШ ДЗЕКОНСКИЙ

МЕТАЛЛУРГИЯ МЕДИ В ПОЛЬШЕ В ЭПОХУ ЭНЕОЛИТА И ЕЕ СВЯЗИ С СРЕДНЕЙ ЕВРОПОЙ

Резюме

В Злоте (сандомерский округ, Польша) были найдены орудия и фабрикаты металлургии меди (фрагменты тигелей и мундштуков, медные предметы, шлаки) из эпохи культуры расписной шнуровой керамики (2200—2000 до н. э.), которые входят в число древнейших памятников техники металлургии меди в Средней Европе. Изучение этих предметов показало, что в течение приблизительно двух столетий как плавильные тигели, так и механизм раздувальных мехов в значительной мере усовершенствовались и показывают поразительное родство с техникой металлургии меди в Египте середины II тысячелетия до н. э.

На вопрос, откуда происходила обработанная в энеолитической стоянке в Злоте медь, ответ подали спектрографические исследования. Комбинированный с математической статистикой метод этих исследований был разработан Институтом истории материальной культуры Академии Наук Польши следуя английским и германским примерам и применен пока к установлению того, является ли медь находок в Злоте отечественного происхождения или предметом ввоза. В этих целях были исследованы наряду с медными находками из Злоты карбонаты меди и выплавленная медь, происходящие из других местонахождений медной руды в Польше и в других странах Средней Европы, прежде всего относительно содержания в них арсеника и антимония. В результате исследования получилось, что в меди, обработанной в энеолитической стоянке в Злоте (и в других современных энеолитических стоянках Польши) имеется гораздо больше антимония, чем арсеника. В то же время с другой стороны руда местонахождений медной руды в Польше и выплавленная из нее медь содержит гораздо больше арсеника, чем антимония. Значит, в эпоху энеолита в Польше обрабатывалась не отечественная, а ввозная медь, происходившая вероятно с территорий нынешних Венгрии, Словакии или Румынии.