AVAR KORI BRONZTÁRGYAK RÖNTGENEMISSZIÓS ANALÍZISE

1. BEVEZETÉS CÉLKITŰZÉS

A modern régészeti tudomány ma már nem nélkülözheti a technika sokoldalú segítségét a lelet pontosabb és teljesebb megismeréséhez. A természettudományok és a társadalomtudományok érintkezési felületén különböző határtudományok alakultak ki. Ezek közül a régészet és kémia kapcsolata a legrégibb és a legsokrétűbb.[1]

Lehetséges, hogy a kémiai vizsgálatok „csupán" megerősítik a régészeti, történeti módszerekkel levont következtetéseket, feltételezéseket. Gyakran azonban új szempontokat vethetnek fel, pótolhatják a következtetések hiányzó láncszemeit, tévedésekre irányíthatják rá a figyelmet. A fizikai, kémiai tulajdonságok megismerésében elsődleges fontosságú az anyagi összetétel vizsgálata, az ún. régészeti kémia. Az összetétel fontos támpontot adhat a korabeli technológia megismeréséhez, a leletek eredetének, korának, összefüggéseinek feltárásához. A régész és a vegyész szempontjainak szintézise bizonyos esetekben egyedüli módja lehet a régészeti lelet helyes értékelésének.

Munkám elvégzésében többszörös cél vezetett.

Elsőként egy olyan analitikai módszer hazai régészeti célú megvalósítását kívántam elérni, amelyik rutinszerűen kivitelezhető, rövid elemzési időt igényel, és a leletek eredeti állapota az elemzések elvégzése során megőrizhető, a vizsgálatok nem veszélyeztetik a tárgyak állagát.

Vizsgálatokat végeztem annak megállapítására, hogy a bevonattal ellátott bronz öntvények, -lemezek bevonására milyen fémet használtak?

A vizsgálat során nyert elemi összetételeket megkísérlem egy temető belső csoportjainak megkeresésére felhasználni. Ezzel párhuzamosan vizsgálom az azonos stílusú avar kori bronzok összetételének összehasonlítása alapján különböző temetők időbeli összetartozásának lehetőségét is.

Jelen munka gerincét a győri téglavető-dűlői avar temető bronzanyagán (424 tárgy) végzett mérések alkotják. Abból kiindulva, hogy egy-egy műhely munkafogásai hosszú időn keresztül hagyományozódhattak, alapanyag beszerzési forrása bizonyos időn belül azonos lehetett,[2] az adatok statisztikai elemzésével igyekszem utalásokat kapni esetleges műhelyek – vagy egy központi műhely (övveretek!) – létezésére, vagy éppen hiányára. Ennek érdekében összehasonlítást végeztem az avar birodalom egyéb területeiről származó 489 db kontroll-mintával. (1. ábra).

Az övgarnitúrák vereteinek felerősítésére szolgáló szegecsek vizsgálatával az öv összeállításának egyidejű voltára, illetve több szakaszban történt felszerelésének lehetőségére keresem a választ.

A győri temetőben található, és a Fejér megyei leletek közül megvizsgált római kori és bizánci eredetű bronztárgyak (fibulák, érmék, csatok, táltöredékek, ládikaveretek stb. – összesen 54 db) elemzési adatai pedig az itt talált római-kori bronzöntvények újrafelhasználására adhatnak felvilágosítást.

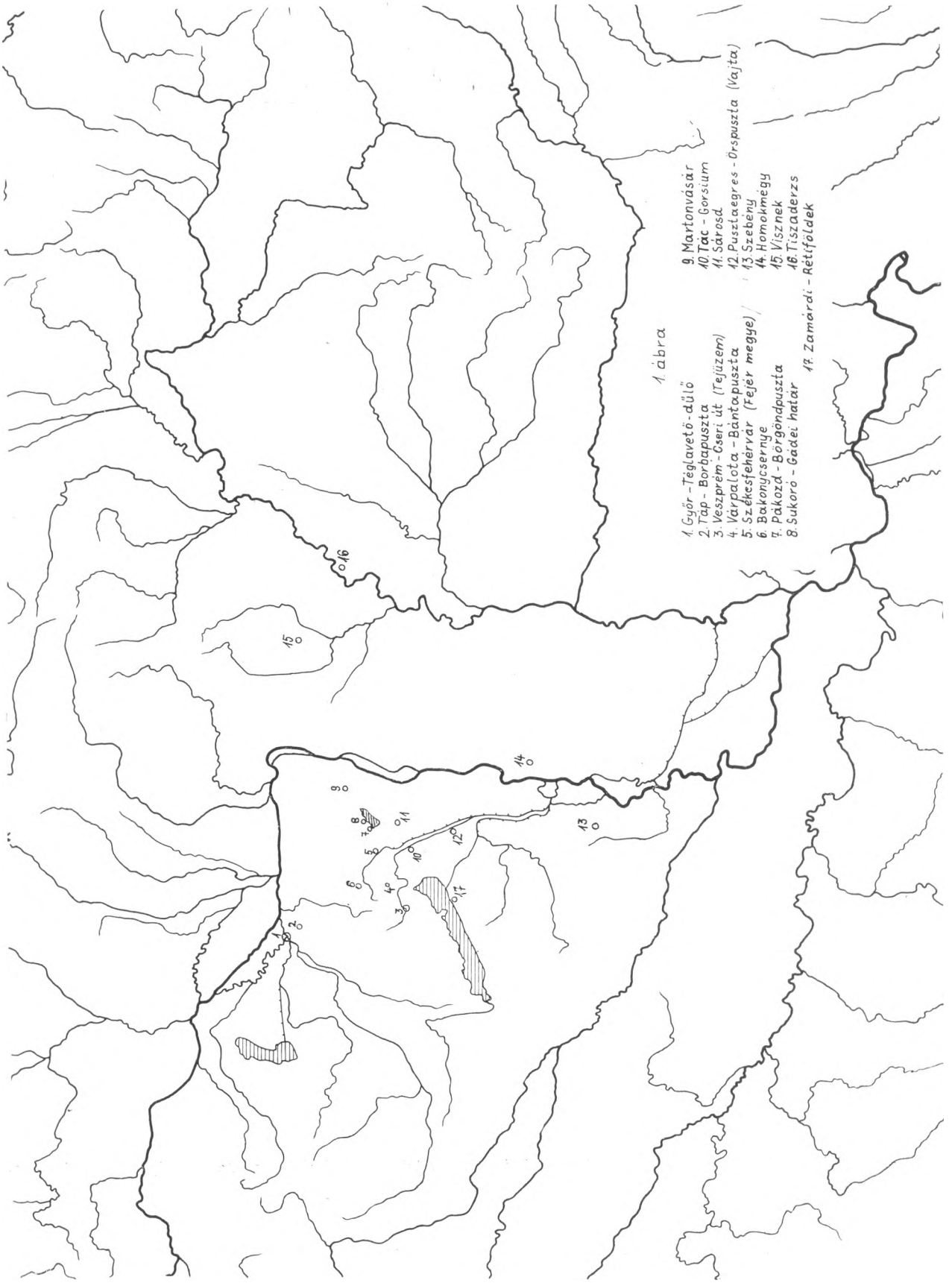
Az őskori, egyéb középkori, törökkori minták összetételei pedig szélesebb körű összehasonlításra adhatnak alapot. A vizsgálatoknak a későbbiek során ez irányban történő kiterjesztésével az alapanyagok helyi eredetére, vagy a Kárpát-medencén kívüli származására deríthetünk fényt.[3]

1.1. *A régészeti tárgyak analitikai vizsgálati módszereiről általában*

A kémiai analitikai eljárások a XVIII. század végén nyertek alkalmazást a kultúrtörténeti leletek vizsgálata területén, éppen fémelemzés céljából.[4] Később is különösen az antik bronzokkal foglalkoztak a legtöbbet. Ezek közül legjelentősebb Göbel munkája, amely 54 elemzés alapján a baltikumi bronzok összetételét veti össze a prehisztorikus európai és görög–római bronzokkal,[5] példát mutatva arra, hogy a kémiai elemzés hogyan válhat a régészeti következtetés fontos elemévé.

Hazánkban az 1860-as évek végén indult meg a régészeti tárgyak vegyelemzése a klasszikus analitika módszereivel. Ezen a téren Lengyel Béla, Csiky Jó-

1. A régészeti kémia kialakulását részletes bibliográfiával ismerteti E. R. CALEY 1967.
2. U. VANYEK 1967.
3. Az avar-, római-, ős- és középkori anyagot együtt számítva összesen 983 db régészeti tárgyon közel 1500 mérést végeztünk el. (Egy darabnak tekintettük a régészetileg biztosan összetartozó leleteket, pl. a veretet csüngőjével, a csattestet bújtatójával és csattüskéjével stb. Nem tekintettük viszont egy darabnak a vizsgálat elvégzése előtt bizonytalanul összetartozó töredékeket és pl. a nem együtt előkerült veretet és és csüngőt.)
4. CALEY 1949.
5. GÖBEL 1842.


1. ábra
1. Győr–Téglavető-dűlő
2. Táp – Borbapuszta
3. Veszprém–Cseri út (Tejüzem)
4. Várpalota – Bántapuszta
5. Székesfehérvár (Fejér megye)
6. Bakonycsernye
7. Pákozd – Borgondpuszta
8. Sukoró – Gádei határ
9. Martonvásár
10. Tác – Gorsium
11. Sárosd
12. Pusztaegres – Örspuszta (Vajta)
13. Szebény
14. Homokmégy
15. Visznek
16. Tiszaderzs
17. Zamárdi – Rétföldek

zsef és Loczka József fejtett ki nagy jelentőségű munkásságot.[6] A legtöbb munka a fémvizsgálatokkal foglalkozott, és ma is ezek a vizsgálatok állnak előtérben. Valószínűleg azért, mert a kerámia mellett a legnagyobb tömegben előkerülő lelet anyaga fém, ezek elemzési módszerei általában kidolgozottak és ma is a kémiai elemzés fejlesztett ágai közé tartoznak (bányászat, kohászat, gépgyártás stb.).

A régészeti tárgyak szigorú követelményeket támasztanak az anyagvizsgálati módszerekkel szemben. A lehető legteljesebb információt kell szolgáltatniuk a tárgy lehető legkisebb mértékű károsításával.

Nem kétséges, hogy a klasszikus kémiai analízis módszerei a legritkább esetben felelnek meg ezeknek a követelményeknek. Napjainkban egyre szélesebb körben nyernek alkalmazást az elemek valamely fizikai, vagy fizikai-kémiai jellemzőinek mérésén alapuló műszeres analitikai módszerek, amelyek lehetővé tették a régészeti tárgyak roncsolásmentes[7] vizsgálatát.

Gyakorlatilag roncsolásmentes módszernek tarthatjuk az emissziós színképelemzést, ami igen csekély anyagmennyiség (kb. 20 mg) elektromos ívben történő gerjesztését (világítóvá tételét) jelenti. A kibocsátott fény hullámhossza az illető fém minőségére, a fényképező lemezen okozott feketedésének mértéke pedig a mennyiségre jellemző.

A régészeti színképelemzés módszerének kidolgozása Witter nevéhez fűződik. A spektográfia régészeti alkalmazása 1931-ben megjelent alapvető munkája óta különösen az utóbbi három évtizedben indult rohamos felődésnek. Először főként őskori tárgyak vizsgálatában kezdték alkalmazni, elsősorban osztrák és német kutatók.[8]

Nagyobb mennyiségű őskori tárgy elemzését végezték el a Szovjetunióban,[9] a Magyar Nemzeti Múzeum számára több ezer vizsgálatot végeztek Stuttgartban,[10] és hazai próbálkozások is történtek.[11]

Avar kori tárgyakon eddig a legnagyobb mennyiségű analízist a pilismarót-basaharci késő avar kori temető 126 tárgyán hajtották végre.[12] Középkori tárgyakon főként a több darabból összeállított leletek különböző részeinek azonosítására használták fel a spektográfiát.[13] Végeztek méréseket a XI. századi ékszerleleteken,[14] és X–XI. századi ezüst pénzek összehasonlítására is történtek kísérletek.[15]

A spektrográfiás módszer hátránya, hogy a mennyiségi kiértékelés igen nehézkes. Egyetlen tárgy összetételének meghatározásához nagy számú etalon sorozattal történő összehasonlítás lenne szükséges. Ennek kiküszöbölésére ún. félkvantitatív módszerek alkalmazása terjedt el, ami az egyes alkotók egymáshoz viszonyított mennyiségének összehasonlításán alapszik.[16]

Az avar leletek elemzésére általunk alkalmazott analitikai módszer tökéletesen megfelel a régészeti tárgyak által támasztott szigorú követelményeknek. A röntgenemissziós analízis (REA) radioizotópos gerjesztéssel nyújt információt az anyagi összetételről, miközben a műtárgyat semmiféle károsodás nem éri.

A röntgenspektrometria az 1950-es években terjedt el, mint analitikai módszer.[17] Kezdetben röntgencsővel előállított gerjesztő sugárzással működő kristálydiffrakciós (más néven hullámhossz diszperziós) spektrométereket alkalmaztak. Napjainkban terjedt el a radioaktív izotóp gerjesztésű, félvezető detektoros, ún. energiadiszperzív spektrométer, amelyet a társadalomtudományok közül elsősorban a művészettörténet hasznosított a műtárgyhamisítások felismerésében.[18]

Hazánkban a módszer kidolgozásában és a műszerek kifejlesztésében úttörő szerepe volt és van az MTA Debreceni Atommagkutató Intézetének, ahol a Röntgenemissziós Analitikai (REA) Laborban dolgozták ki a Si/Li – (szilícium–lítium) – félvezető detektoros röntgenspektrométer különböző analitikai feladatok megoldására történő felhasználását.[19]

Bár a metallográfiai (fémtani anyagszerkezeti) vizsgálatok a roncsolásmentesség követelményét nem teljesítik, az összetétel vizsgálatok elvégzésével együtt mégis a legtöbb technikai és technológiai információt közvetítik. Az anyagszerkezeti vizsgálatokkal kiegészített kémiai elemzés nem csak a tárgy összetételét adja, hanem eldöntheti, hogy bizonyos tárgy kovácsolással, öntéssel, vagy hengerléssel stb. készült, milyenek voltak a technológiai viszonyok, használtak-e valamilyen tudatos módszert (pl. fegyverek, vágószerszámok esetén az élek külön edzése, esetleg különböző keménységű darabok összekovácsolása[20]). A zárványok vizsgálata és salakokkal történő összehasonlítása szintén technológiai paraméterek megállapítására, eredet meghatározására ad lehetőséget. Vasgyártás salakanyagának vizsgálata tette

6. CSIKY 1866., LENGYEL 1867., LOCZKA 1900.
7. Roncsolásmentesség tekintetében különbséget kell tennünk a régészet és a módszer végrehajtása szempontjai szerint. Nem roncsolásos pl. magának a végrehajtásnak módját tekintve a régészeti szempontból feltétlenül roncsolásosnak minősülő mikroszkópikus metallográfiai vizsgálat; míg a régészet oldaláról roncsolásmentesnek tekinthető emissziós színképelemzés a végrehajtás tekintetében roncsolásos, hiszen „megsemmisíti" a vizsgált anyagmennyiséget.
   A továbbiakban régészeti szempontok alapján nevezzük az egyes módszereket roncsolásosnak, illetve roncsolásmentesnek.
8. OTTO 1952., PITTIONI 1959, NEUNINGER 1963.
9. CSORNUH 1966., SZERGEEVA 1981.
10. MRK 1960.
11. ZIMMER 1962., SZEGEDY 1963., SZABÓ 1963.
12. U. VANYEK 1963., 1964., 1967., FETTICH 1965.
13. ZIMMER 1972.
14. SZŐKE 1976.
15. KÁPLÁR 1975.
16. ZIMMER 1962., U. VANYEK 1967.
17. KIS VARGA 1975.
18. CESAREO 1973., KIS VARGA 1977.
19. KIS VARGA 1975.
20. SZABÓ 1974.

lehetővé az ún. buca-eljárás rekonstruálását, a technológiai paraméterek valószínű behatárolását, és bizonyos mértékig a vasérc lelőhelyek azonosítását.[21]

Ma, amikor szinte tökéletesnek mondható restaurálási eljárásokkal tudjuk helyreállítani a tárgy eredeti állapotát, legalább a nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló tárgyak metallográfiai vizsgálatát érdemes elvégezni, hiszen azok tökéletes konzerválása – éppen nagy tömegük miatt – nem mindig megoldható. A vizsgálattal pedig még a tárgy sok esetben bekövetkező sajnálatos pusztulása előtt sikerül a tipológiai megállapításokon túl is információt szereznünk. Legtöbbször a teljesen átrozsdásodott tárgyak vizsgálata sem haszontalan, a korróziós termékek hűen megőrzik az egykori megmunkálás nyomát.[22] A tömeges, „értéktelenebb" tárgyakon szerzett tapasztalatok alapján pedig „értékesebb" leletek speciális, konkrétabb célra irányuló vizsgálatai végezhetők el az egyedibb tárgy lényeges roncsolása, elpusztulása nélkül.

A fentieken kívül az is bebizonyosodott, hogy a metallográfiai vizsgálat kimutathat olyan, a tárgy belseje és külső felülete közötti különbséget is, amelyek átlag elemzési módszerekkel nem derülnének ki. Egy arab dirhem mikroszondás vizsgálata esetén pl. azt a meglepő jelenséget tapasztalták, hogy belseje finomabb ezüst–réz ötvözet, mint az érme felülete.[23] Hasonló, de fordított irányú jelenséget tapasztaltak római érmék lézer-mikroszondás vizsgálata során is.[24] Ezeket a spektrográfia és a röntgenemissziós analízis gyakorlatilag átlagos összetételűnek mutatta volna.

2. KÉSŐ AVAR KORI TEMETŐK BRONZLELETEINEK VIZSGÁLATA RÖNTGENEMISSZIÓS ANALÍZISSEL

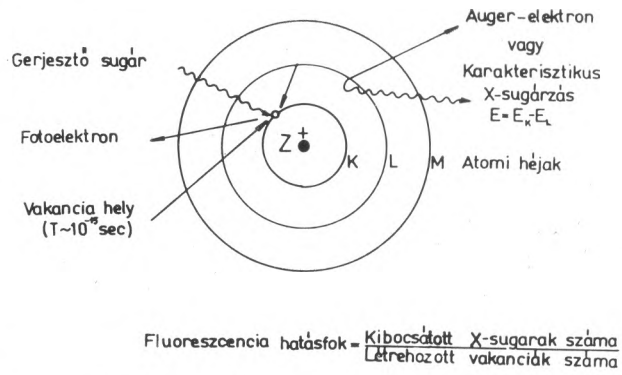
2.1. *A mérési módszer*

2.1.1. *Elvi alapok*

A módszer az ún. jellemző (karakterisztikus) röntgensugárzás keletkezésén, illetve annak intenzitás- és energiamérésén alapszik. A karakterisztikus röntgensugárzás úgy jön létre, hogy az alapállapotban levő atomot valamilyen módon gerjesztjük. Ekkor a gerjesztő sugárzás az atom egyik belső héjon kötött elektronjával ütközve azt kiüti helyéről, s ott üres hely marad. Mivel az atomnak ez az állapota nem stabil, a külső héjakról igen rövid idő alatt egy másik elektron tölti be az üres helyet, miközben az atom elektromágneses sugárzást bocsát ki. Ennek energiája egyenlő a két héj közötti kötési energia különbségével, s jellemző az adott elemre.

A karakterisztikus röntgensugarakat aszerint osztályozzuk, hogy melyik héjra történő átmenetben keletkeznek. Ily módon beszélhetünk K-, L-, M- stb sorozatokról. Az egyes sorozatok különböző energiájú vonalait pedig α, β, γ stb. szimbólumokkal jelölt csoportokra oszthatjuk, ezért a vonalak energiája gyakorlatilag független az atom kémiai állapotától, tehát az egyes fémek vegyületeikben is meghatározhatók.

A karakterisztikus röntgensugárzás keletkezésének elvét a 2. ábra szemlélteti.



$$\text{Fluoreszcencia hatásfok} = \frac{\text{Kibocsátott X-sugarak száma}}{\text{Létrehozott vakanciák száma}}$$

2. ábra. A karakterisztikus röntgensugárzás keletkezésének elvi rajza

A vizsgált mintából kilépő röntgensugárzás intenzitása összetett anyag esetén több változást szenvedhet az abszorbció (elnyelés), illetve az öngerjesztés miatt.

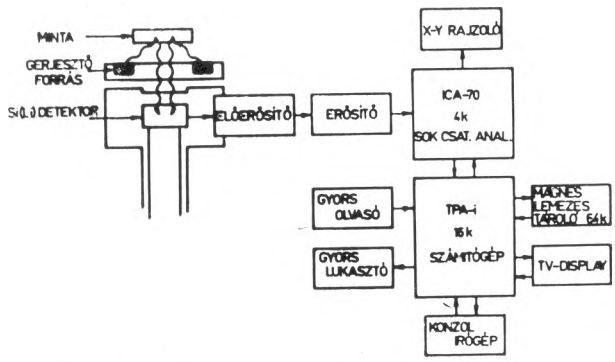
A módszer eléggé felületi volta miatt (radioizotópos gerjesztés és bronzminták esetén kb. 0,1 mm nagyságrendű rétegből szolgáltat információt) a tárgy geometriája sem elhanyagolható. Ezek azt eredményezik, hogy a sugárzás intenzitása bonyolult összefüggésben van az illető elem koncentrációjával. A számítás csak iterációs (soklépcsős közelítéses) eljárással oldható meg, s ehhez számítógép szükséges.[25]

2.1.2. *Az analízis kivitelezése*

A méréseket az MTA Atommagkutató Intézet REA laborjában végeztük el, energiadiszperzív röntgenemissziós analízissel. Mérőberendezésül az intézetben kifejlesztett Si/Li röntgenspektrométer szolgált, amelyet KFKI gyártmányú ICA–70 sokcsatornás analizátorral és TPAi kisszámítógéppel kapcsoltak össze. A mérőberendezés elrendezését a 3. ábra mutatja.

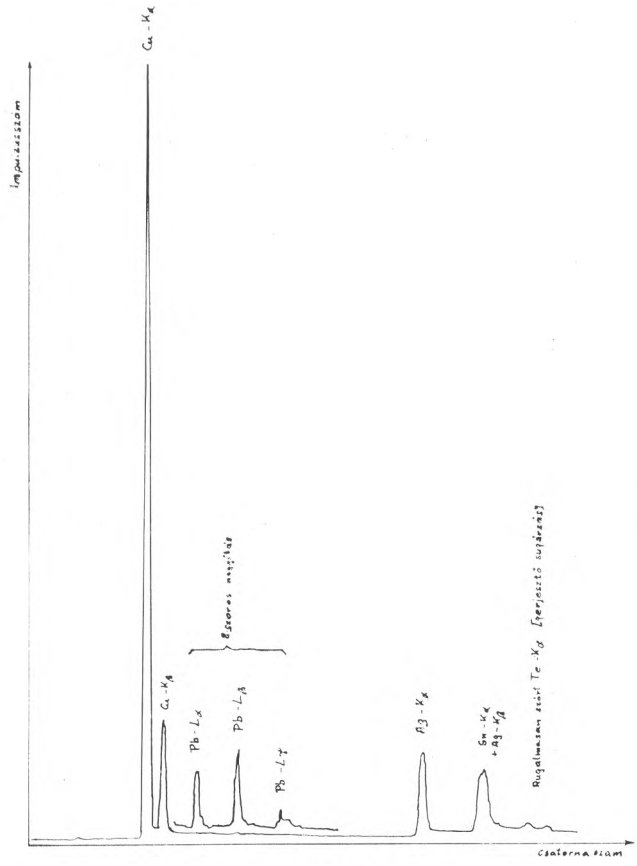
Gerjesztőforrásként kb. 10 mCi (milliCurie) intenzitású, gyűrű alakban elhelyezett I–125 (125-ös tömegszámú jód) izotópot használtunk, mely fotonemisszióval 60,2 nap felezési idővel tellurrá (Te) bomlik.

21. HECKENAST 1968.
22. SZABÓ 1974.
23. Karetka Gábornak, a Ritkafém Tárcaközi Bizottság Titkársága munkatársának szíves közlését ezúton köszönöm meg.
24. GEGUS 1982.
25. KIS VARGA 1975., 1979.

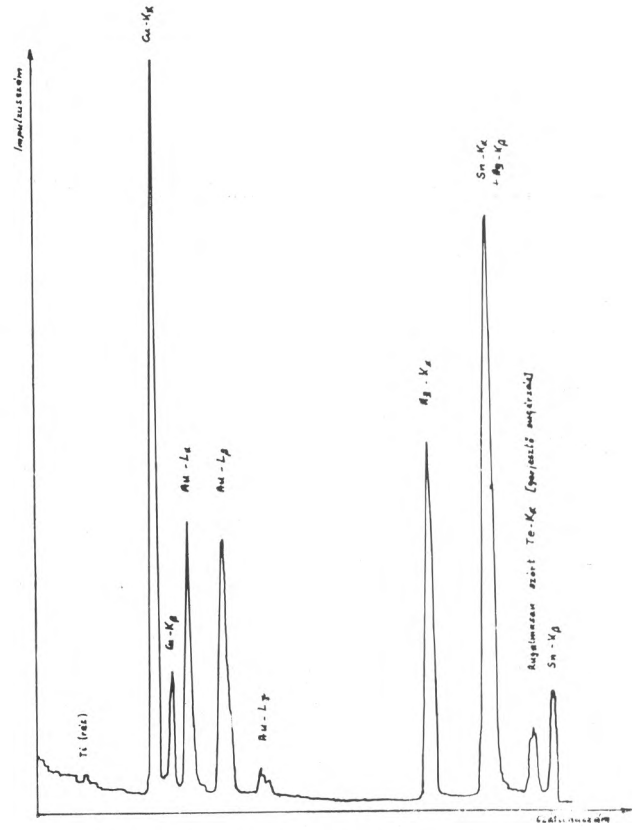


3. ábra. A mérőberendezés kapcsolási vázlata

Az alkalmazott radioaktív izotóppal a vizsgáló rendszer a 15-nél magasabb rendszámú elemekre érzékeny. A forrástartó alátét vasból készült 5 mm átmérőjű titán kollimátorral, ami a vizsgálandó minta felületének kb. 7 mm átmérőjű területéről ad információt. A mérések ideje 100 sec volt. 512 csatornás spektrumokat vettünk föl. Az analízisre a TeKα, βsugárzás által gerjesztett FeKα, CuKα, ZnKα, PbLβ, AuLβ, és AgKα, valamint a TeKβ sugárzás által gerjesztett SnKα és SbKα röntgenvonalakat használtuk fel (4/a, 4/b ábra).



4.a. ábra. Győr-Téglavető-dűlő 696. sír. 53. 278. 1241. lsz. bronz karika



4.b. ábra. Győr-Téglavető-dűlő 696. sír. 53. 278. 1235-5. veret előlap

A mérések automatikusan történtek ICA–FOKAL-ban írt program segítségével,[26] amely az egyes elemek által kibocsátott karakterisztikus röntgensugárzások intenzitását szolgáltatta. Az intenzitásadatokból a koncentrációt CORAL '78 nevű, FOKAL nyelven írt korrekciós programmal számítottuk.[27]

2.1.3. *Mintaelőkészítés*

Az összetétel meghatározását a tárgyak fémtisztára letisztított felületén lehet elvégezni, mivel a patinás tárgy vizsgálata nem ad összehasonlítható eredményt. Ennek oka, hogy az ötvözet összetevői különbözőképpen szerepelnek a korróziós folyamatokban, így egyes elemek a valós összetételtől eltérően nagyobb arányban vesznek részt a patina kialakításában (pl. cink, ólom), ezen kívül a talaj eltérő korróziós viszonyainak megfelelően a patina összetétele

26. KIS VARGA 1975.

27. KIS VARGA 1979.

tárgyanként, sőt azonos tárgy különböző részein is más és más lehet.[28]

Ennek az elméleti tételnek a bizonyítására több tárgyon végeztünk vizsgálatot patinás és fémtiszta felülettel (1. táblázat).

A tárgyak felületének tisztítására az iparban és a félvezető laboratóriumi technikában már régóta alkalmazott szemcseszórásos módszert választottuk, mely a tárgy tulajdonképpeni anyagát nem károsítja, csupán a felületi tisztátalanságot távolítja el. Megfelelő kis felület tisztítása érhető el vele, ami a régészeti tárgyak által támasztott követelményeknek eleget tesz. A szórást az ATOMKI kisüzemi (kézi) készülékével végeztük úgy, hogy finom üveggyöngyszemcséket fújtunk a tárgy felületére általában 2 atm. nyomású sűrített levegővel. (A levegő nyomása és a fúvóka átmérője a tisztítandó tárgy minőségének és állagának megfelelően természetesen tetszés szerint változtatható.) Ezzel a módszerrel a tárgy felülete fémtiszta lesz, tulajdonképpeni anyaga nem károsodik jobban, mint bármely más tisztítási eljárással.[29]

A módszer a hazai restaurátori gyakorlatban még nem terjedt el, azonban külföldi alkalmazása során bebizonyosodott, hogy nemcsak fém-, hanem fa-, papír-, bőr- és falfelületek is biztonságosan tisztíthatók így meg. A tapasztalatok alapján speciálisan régészeti célú, műtárgyak tisztítására alkalmas szemcseszóró készülékeket is szerkesztettek.[30] A minták előkészítése során a patinát néhány kivételes esettől eltekintve a hátlapról, illetve egybeöntött nagyszíjvégek esetében a köpü (vagy tubus) oldaláról távolítottuk el.

2.1.4. *Az adatok feldolgozása*

A mérési adatok értékelését a Nehézvegyipari Kutató Intézetben a vegyipari számítástechnikai csoporttal végeztük el, R–10-es számítógépen.

A győri temető anyagán tájékozódás céljából először egy félkvantitatív értékelési módszerrel próbálkoztunk. Minden olyan esetben, ahol egy övgarnitúrán legalább öt mérési lehetőség adódott, az egyes darabok összetételét egy olyan diagramban ábrázoltuk, ahol a vízszintes tengelyen mindig azonos helyen szerepelnek az alkotóelemek, a függőleges tengelyen pedig a százalékos értékek kaptak helyet. Az így felrajzolt görbe alakja az ötvözők egymáshoz viszonyított arányát tükrözi.[31] Amennyiben két, vagy több görbe alakja hasonló, nagy valószínűséggel állítható, hogy egy öntési hagyományt követnek, egy műhely közel azonos időben készült termékei lehetnek.

A továbbiakban két alapvető statisztikai módszert használtunk fel az elemzési adatok értékelésére. Az egyes temetők leletanyagának összehasonlítása, az egyes alkotóelemek átlagos mennyiségének meghatározása, valamint az esetleges műhelyek szétválasztása céljából minden egyes elemre gyakorisági hisztogramokat készítettünk, ahol a vízszintes tengelyen az egyes összetétel tartományokat adtuk meg százalékban, a függőleges tengelyen pedig az ezekhez tartozó esetszámokat ábrázoltuk. A leggyakrabban előforduló alkotóelem-mennyiségek (átlagos összetételek) egybevetésével lehet következtetni az egyes közösségeket ellátó műhelyek meglétére, vagy az alapanyag azonos eredetére.[32]

Az egymáshoz hasonló tárgyak megkeresését klaszteranalízissel, ún. dendrogramok segítségével végeztük. Ez a módszer a régészeti tárgyak más szempontú (alak, típus szerinti) összehasonlítására is alkalmas.[33] Lényege az, hogy hasonló tulajdonságú egyedeket (jelen esetben azonos, vagy hasonló összetételű tárgyakat) egy-egy csoportba rendez, s ezeket a csoportokat összehasonlítva, közöttük 0 és 1 közötti értékű hasonlósági faktort állapít meg. Minél inkább közelít ez a faktor az 1 értékhez, az egyes tárgyak, illetve tárgycsoportok annál közelebbi rokonságban vannak egymással.

Mivel az összes adat egyidejű feldolgozása a számítógép memóriájának kisebb tárolókapacitása, valamint az így igen hosszúra nyúló feldolgozási idő miatt nem volt lehetséges, azon kívül a régészeti elemzés szempontjából is így látszott célszerűnek, az összehasonlítást alapvetően két vonalon készítettük el. Első lépcsőben az egyes temetők, illetve tájegységek belső összehasonlítására került sor. Ennek alapján kaphattunk utalást a temetőkön belüli hasonló összetételű leletcsoportok meglétére, amely attól függően, hogy a hasonlósági értéket milyen szoros tartományban határozzuk meg, azonos alapanyagból (azaz egy időben), vagy pedig egy műhelyben készült tárgyakat határoz meg. Második lépcsőben funkcionális felosztás szerint hoztunk létre csoportokat, külön vizsgálva az öntött és lemezből készített övtartozékokat, továbbá az ékszereket.

Így a következő csoportok jöttek létre (zárójelben a csoportok kódjele):

Öntött bronzok:

Nagyszíjvég	(A)
Veretek	(B)
Csüngők	(C)
Kisszíjvég	(D)
Csat és tartozékai (csattest, csatkarika, csattüske)	(E)
Mellékszíj veret	(F)

28. FINK 1936., CORNET
29. KRACH 1976., SCHNEIDER 1975.
30. Egy ilyen készüléket Magyarországon az 1979. évi Restaurátorok Országos Konferenciájának keretében mutattak be a Munkásmozgalmi Múzeumban.
31. KÖLTŐ 1980.
32. CSORNÜH 1966.
33. SZERGEEVA 1981.

Lyukvédő (G)
Tarsolyzár (H)
Övforgó (I)

Lemezből készült szerelékek:

Nagyszíjvég (O)
Veretek (P)
Kisszíjvég (R)
Varkocsdísz (S)
Lyukvédő (T)
Bújtató (Z)

Ékszerek[34]:

Ékszer I. (fülbevalók, hajkarikák Táp-Borbapusztáról) (L)
Ékszer II. (az összes többi vizsgált avar kori ékszer) (U)

Római, illetve bizánci eredetű bronzok (külön kódjel nélkül).

2.2. *A győr-téglavető-dűlői temető vizsgálata*

2.2.1. *Eddigi feldolgozások*

Lévén a munka célkitűzéseinek megvalósítására szolgáló vizsgálati módszer hazánkban újszerű, célszerű volt a munka alapjául egy régészetileg több szempontból jól feldolgozott, nagy sírszámú temetőt választani, s azt összehasonlítani a más temetőkben mutatkozó jelenségekkel.

A győri temető régészeti kutatástörténetét Tomka Péter legutóbb részletesen ismertette,[35] az eredmények további értékelése szempontjából mégis fontosnak tartom, hogy röviden vázoljam az egyes kutatók eddigi eredményeit.

A nagy győri temető feltárását 1901 és 1905 között végezte Börzsönyi Arnold. Az anyagot hat részletben publikálta az Archaelogiai értesítőben,[36] s a temetőn belül két fázist (A és B) különített el. A feltárásról vázlatos temetőtérképet is készített. A temető első tudományos feldolgozását Fettich Nándor végezte el, közreadva Börzsönyi mindaddig közöletlen temetőtérképét is.[37] Börzsönyi Arnoldhoz hasonlóan a temetőt két részre osztotta, és ezen belül tisztán övveret-tipológia alapján állapít meg időrendet. Szerinte a temetkezés a déli rész közepén kezdődött, majd koncentrikusan tágult tovább, egy újabb gócot létrehozva a temető északi tömbjének belsejében (5. ábra). Fettich Nándor után László Gyula elemezte részletesen a temetőt, felhasználva azóta már klaszszikussá vált temető-elemzési módszerét, a társadalmi tagozódás figyelembevételét.[38] A temetőn belül hét sávot különít el. A sávok ezen kívül csoportokra is oszlanak (jobb-, balszárny, közép). A temetőt két nagy tömbre bontja (északi és déli), a második – változott nemzetségi viszonyok közt – ismétli az elsőt, tehát Fettich Nándor véleményével ellentétben az északi három sávot tartja korábbinak, s a déli négyet későbbinek. Ezen belül az É-i három, illetve a D-i négy sáv egyidejű (6. ábra).

Legújabban Tomka Péter dolgozta fel a nagy győri avar temetőt.[39] Szerinte a temető benépesítése három fázisban történt.

1. Lemezes övveretű népesség laza sírcsoportjai a temető északi részének nyugati oldalán és a déli részen a bányászattal elpusztított terület közelében.
2. Griffes övdíszűek a temető újrafelosztása során a déli rész északi sávját, az északi rész középső és keleti területeit foglalták el.
3. Indások népcsoportja. Elkülönült sávok a temető legészakibb részében. Új sírok az északnyugati korai lemezes sírok mellett, a déli lemezes csoport temetőjének belsejében és a legdélibb griffes sávban. Ebben a korban népesült be a déli griffes csoporttól északra és északkeletre levő temetőrész is.

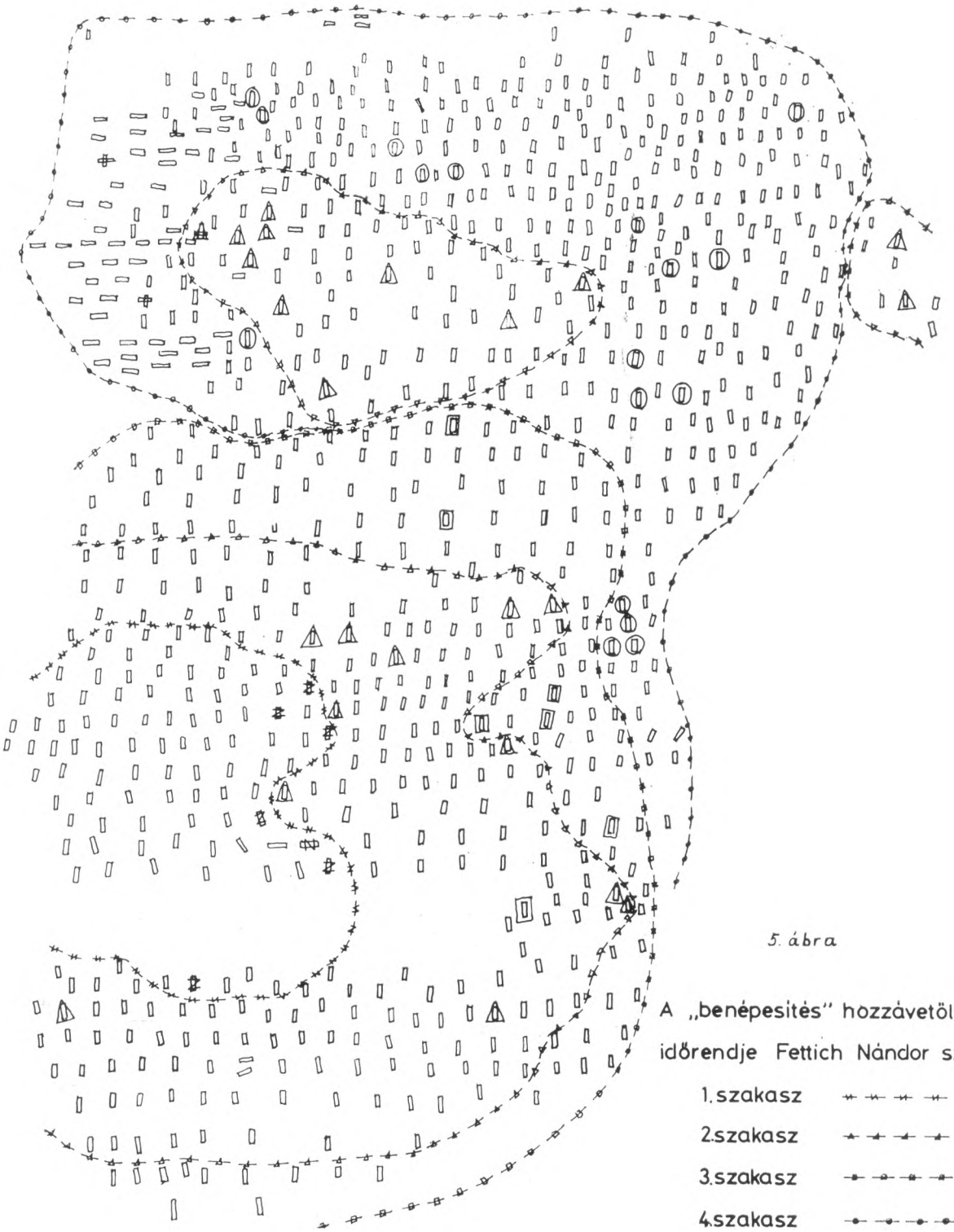
Ezeken belül összesen 15 csoportot különböztet meg (7. ábra).

2.3. *Az összehasonlítás célját szolgáló egyéb leletek, lelőhelyek*

2.3.1. *Avar kori lelőhelyek*

A vizsgálatokat a győri temetőben elsősorban az öntött övvereteken végeztük el, így az összehasonlító anyagot is főként a griffes–indás körből válogattam ki.[40] A válogatásnál arra törekedtem, hogy minél nagyobb területről származó kontrollmintákhoz jussak. Így lehetett remélni, hogy a nagyjából egy horizonthoz tartozó leletek vizsgálata során a műhelyek kérdésére is fény derül. Ennek érdekében a Közép-Tisza vidékéről a viszneki[41] és a tiszaderzsi[42] temetőből (8., 9. ábra, XI–XII. tábla), a Duna mentéről a szebényi[43] és a homokmégyi[44] lelőhelyről (XII–XIV. tábla), valamint a Közép-Dunántúl (Veszprém és Fe-

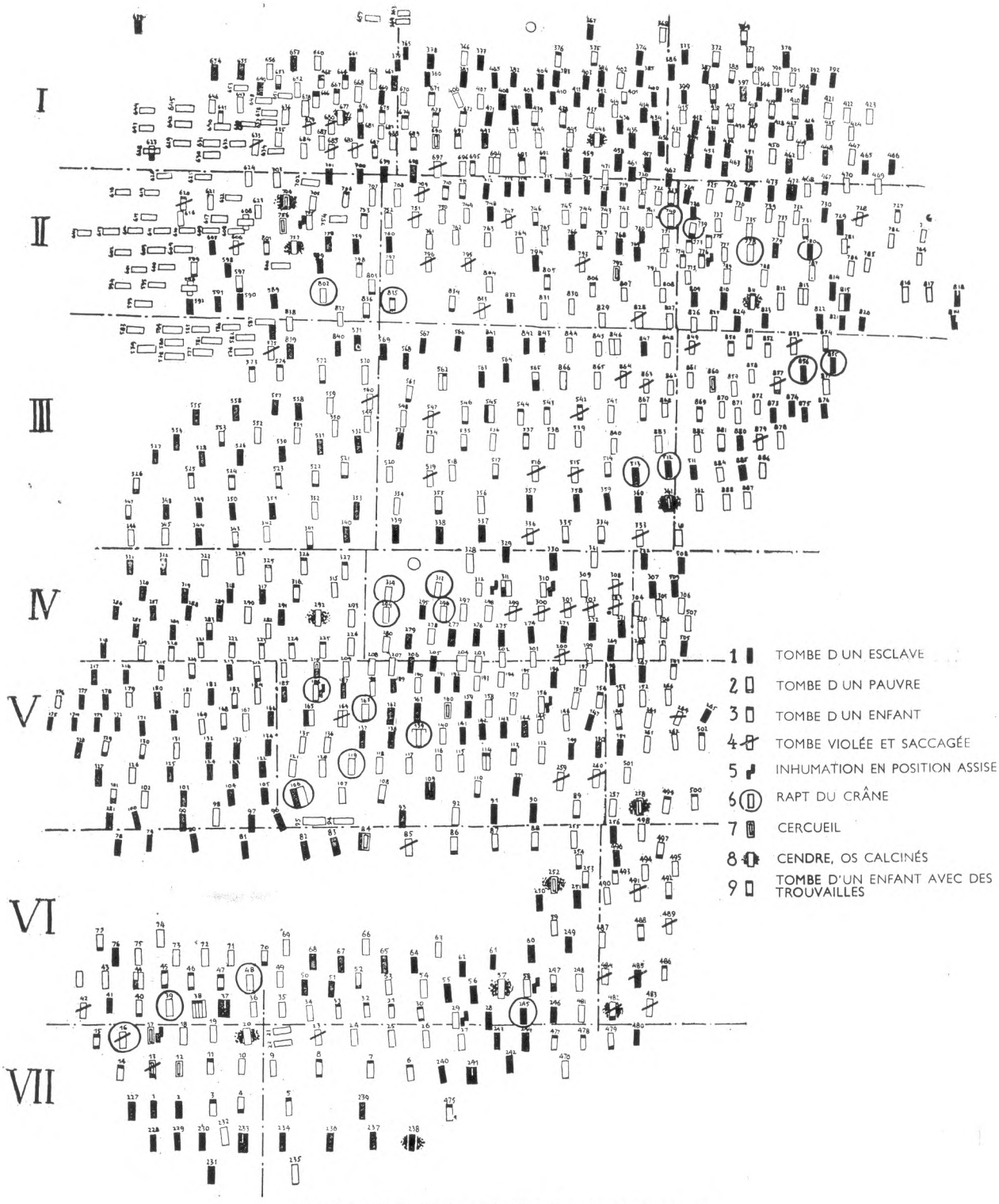
34. Az ékszerek két csoportra való bontását a táp-borbapusztai temető önálló, a jövőben folytatódó vizsgálata tette szükségessé.
35. TOMKA 1971.
36. BÖRZSÖNYI 1902., 1904., 1905., 1906., 1908.
37. FETTICH 1943.
38. LÁSZLÓ 1955.
39. TOMKA 1971., 1972/a.
40. Ebben a munkában igen nagy segítségemre volt dr. Sz. Garam Éva, aki lehetővé tette számomra, hogy a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményében levő, általam kiválasztott övgarnitúrákat megvizsgálhassam.
41. GARAM 1975.
42. GARAM 1975.
43. GARAM 1975.
44. GARAM 1975.
45. A Veszprém megyei leletek CS. DAX MARGIT közöletlen veszprém-tejüzemi és várpalota-bánatpusztai ásatásából származnak, a bakonycsernyei temető anyagából pedig FÜLÖP GYULA bocsátott rendelkezésemre néhány darabot. Segítségüket ezúton is köszönöm. Az egyéb Fejér megyei avar leletekre vonatkozóan ld. BÓNA, 1971. (Ez utóbbiban nem szerepel a pusztaegres-őrspusztai leletek között (313. o. 29. kép) egy darab általam megvizsgált csüngős veret.)



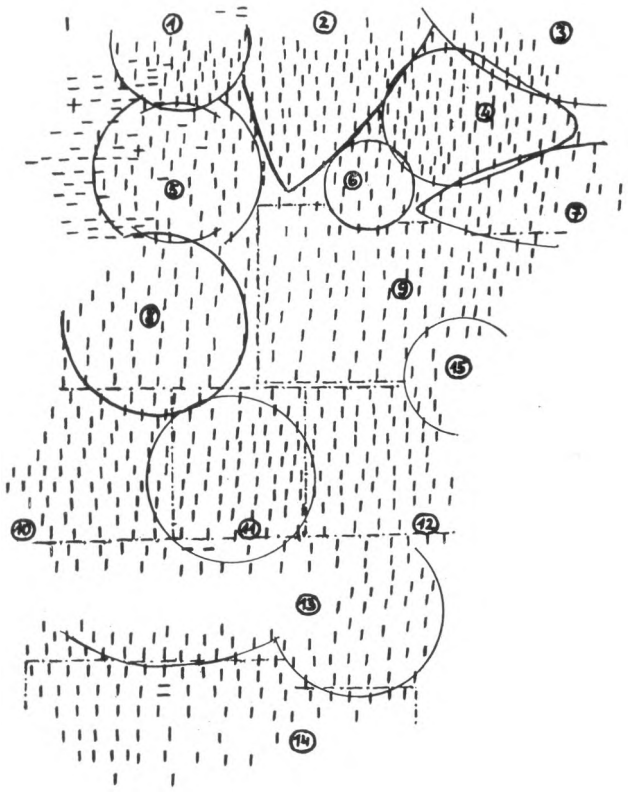
5. ábra

A „benépesítés" hozzávetőleges időrendje Fettich Nándor szerint

1. szakasz
2. szakasz
3. szakasz
4. szakasz



6. ábra. Győr-Téglavető-dűlő (László 1955. 19. á)



7. ábra. Sírcsoportok a győri avar kori temetőben (Tomka P.: Arrabona 1971. 89. o.)

jér megye) területéről (1. térkép, XV., XVI., XX., XXI. tábla) származó leleteken végeztem vizsgálatokat.[45]

Megkezdtem egy újonnan feltárás alatt levő temető bronzanyagának vizsgálatát is. A Tomka Péter által Táp-Borbapusztán feltárt temető[46] leleteit a teljesség igényével kívánjuk a jövőben feldolgozni régészeti és természettudományos módszerek egyidejű alkalmazásával. Ennek a temetőnek az elemzése során első lépésben az ékszerek analízisére próbálunk támaszkodni, mivel véleményünk szerint a biztosan kereskedelmi termékek összetételének azonossága nagyobb valószínűséggel utalhat azok készülésének egyidejűségére, azonos műhelyből való származására.

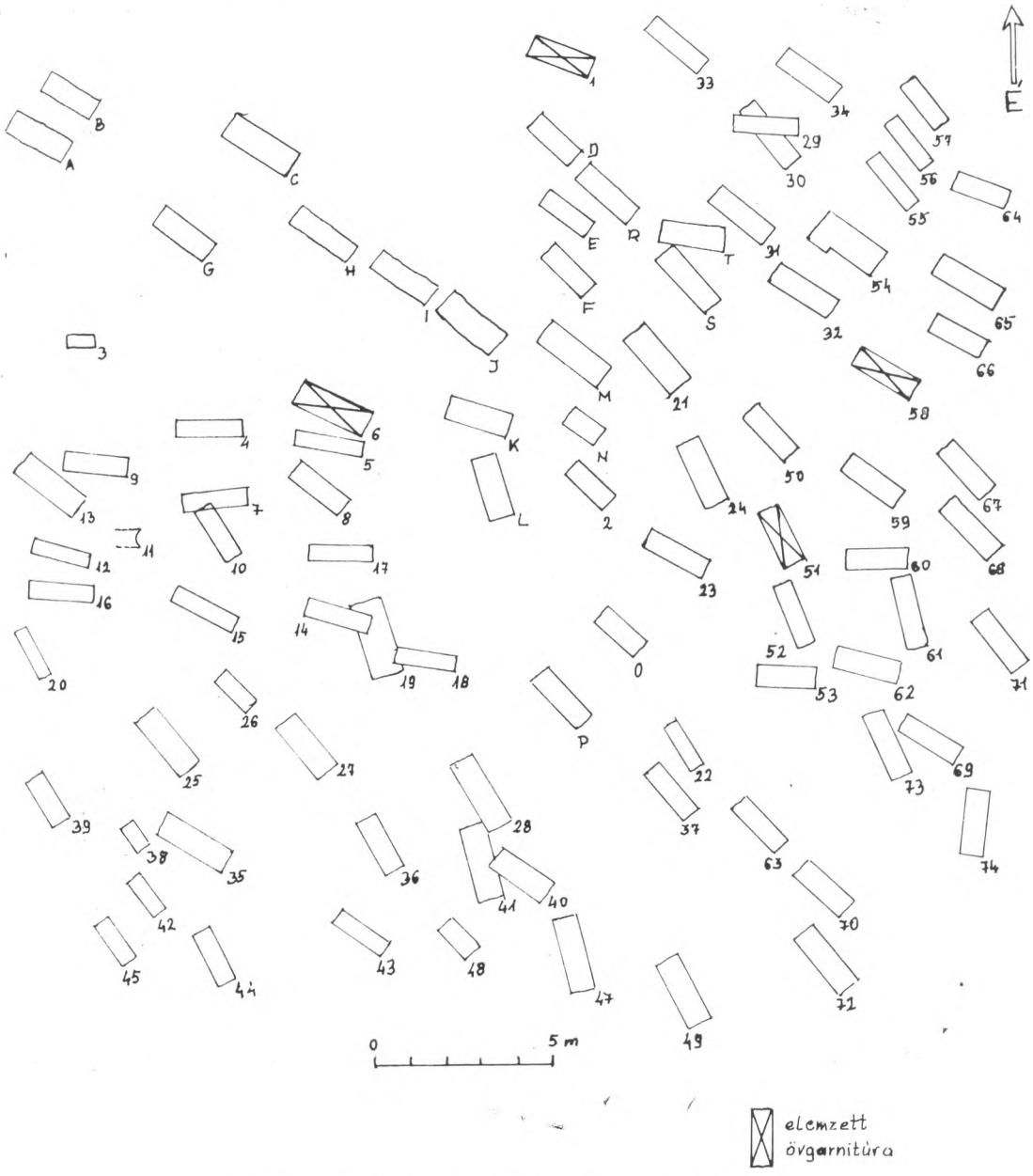
Jelen dolgozat megírásáig az első 64 sír anyagán végeztünk vizsgálatokat, ebből kettő övgarnitúra (a 26. és 39. sírból), a többiek hajkarikák, fülbevalók (XVIII., XIX. tábla).

Bárdos Edith zamárdi–rétiföldeki ásatásán[47] egy ólom (eredeti feltételezés szerint ezüstből készült) játékkocka került elő. Ennek vizsgálatát és a zamárdi temető néhány avar kori ólomtárgyával történt összehasonlítását is elvégeztük.



8. ábra. A tiszaderzsi temető (Kovrig I.: The Tiszaderzs Cemetery In: Avar Tinds, 1975. 225. o. 11. á)

46. TOMKA 1967., 1968., 1969., 1980., 1981., TOMKA 1975.
TOMKA 1972/a.
47. BAKAY 1975., BÁRDOS 1981.



9. ábra. A viszneki temető (Török Gy.: The Visznek Cemetery. In: Avar Finds, 1975. 342. o. 13. á)

2.3.2. *Római kori leletek*

A római kori bronzanyag avar kori felhasználásának kiderítése céljából a győr-téglavető-dűlői avar temető római, illetve bizánci eredetű tárgyainak vizsgálata mellett (2/a, 2/b táblázat) bevontam a vizsgálatba néhány Fejér megye területéről származó római kori bronztárgyat is.[48] (XVI., XVII. tábla).

2.3.3. *Egyéb megvizsgált leletanyag*

Elvégeztük még néhány XII– XIII. századi salak spektrográfiás minőségi elemzése[49] mellett a szek-

48. A vizsgálatok elvégzésének anyagi fedezetét a Fejér megyei Múzeumok Igazgatósága biztosította, a leleteket F. PETRES ÉVA bocsátotta rendelkezésünkre, amiért ezúton is köszönetet mondok.

49. 3 db minta NAGY EMESE 1968-as esztergomi várásatásából származik, egyet pedig KOVALOVSZKI JULIA feldebrői ásatásából bocsátott rendelkezésemre. Az elemzések elvégzéséért DR. BENKŐ ISTVÁNNAK a Veszprémi Vegyipari Egyetem professzorának tartozom köszönettel.

szárdi Béri Balogh Ádám Múzeum anyagából egy őskori rézgyöngy és réztű, egy török kori ágyúgolyó töredéke,[50] valamint a BTM budavári ásatása során előkerült néhány XV. századi bronzlelet[51] összetételének röntgenemissziós meghatározását.

3. A RÖNTGENEMISSZIÓS ANALÍZIS EREDMÉNYEI

3.1. *Bevonatok vizsgálata*[52]

A bevonatokkal ellátott tárgyak esetében önként adódott a lehetőség, hogy a bevonattal ellátott előlapon és a letisztított hátlapon mérhető összetételeket összehasonlítsuk. A bevonatellenőrzést a pontos összetétel számításával 69 tárgy esetében végeztük el. Az elemzések eredményét az 1. táblázat tartalmazza, az ilyen módon is megvizsgált tárgyak rajzai a 10. számú összefoglaló ábrán láthatók. Az 1980-as veszprémi, tejüzemi ásatáson előkerült griffes veret, és az 1979-es várpalota–bántapusztai ásatásból származó lyukvédő veret tisztított és bevonatos oldalának spektruma (példaként) a 11. és a 12. sz. ábrán látható.

Az összehasonlító spektrumok és a táblázat adatai alapján kitűnik, hogy az eddigi feltételezésekkel ellentétben a bevonat nem ezüst, hanem ón. Munkánk során megállapíthattuk azt a figyelemreméltó jelenséget, hogy a griffes-indás körbe tartozó öntött vereteken mind a 39 számszerűen vizsgált esetben, a lemezes szíjvégek közül pedig a fennmaradó 30 eset közül ötnél találtunk ónbevonatot. Ez utóbbiak között külön érdekes az a két nagyszíjvég, amelyiknek nem a teljes felületét látták el bevonattal, hanem szíjfonatot utánzó minta található rajtuk. A teljes felületükön bevont lemezes szíjvégek esetében a bevonat többnyire valóban vékony rétegben felvitt ezüstnek bizonyult.

Néhány garnitúránál ellenőriztük az aranyozást is. Az aranyozottnak tartott veretek valóban aranyozva voltak. Ilyen darabok pl. a győri 324. sír 173–175. mérési sorszámú leletei (10/a ábra, IV. tábla), vagy a táp-borbapusztai 39. sír teljes övgarnitúrája (XVIII. tábla).

A pontos számszerű adatok kiszámításán túlmenően szúrópróba szerűen minőségi vizsgálatokat is végeztünk a bevonatos övvereteken. Ennek során is azt tapasztaltuk, hogy az *öntött vereteken* az aranyozáson kívül az eddig ellenőrzött összes esetben kizárólagosan ónbevonatot alkalmaztak.

Arra, hogy ez a bevonatokkal kapcsolatos probléma a jelen vizsgálatok elvégzéséig ilyen bizonyossággal nem merült fel, magyarázatot adhat az a tény, hogy az avar bronzöntvények alapanyaga is viszonylag sok ezüstöt tartalmaz. (Az általunk megvizsgált esetek 48,5%-ában 0,5% felett, 12%-ban pedig 1%-nál is több volt az ötvözetek ezüsttartalma. Különösen magas, 1,5–2% közötti értékeket mértünk a veszprém–tejüzemi 1977-es ásatás anyagánál (XXI. tábla; 970–996. mérési sorsz.).

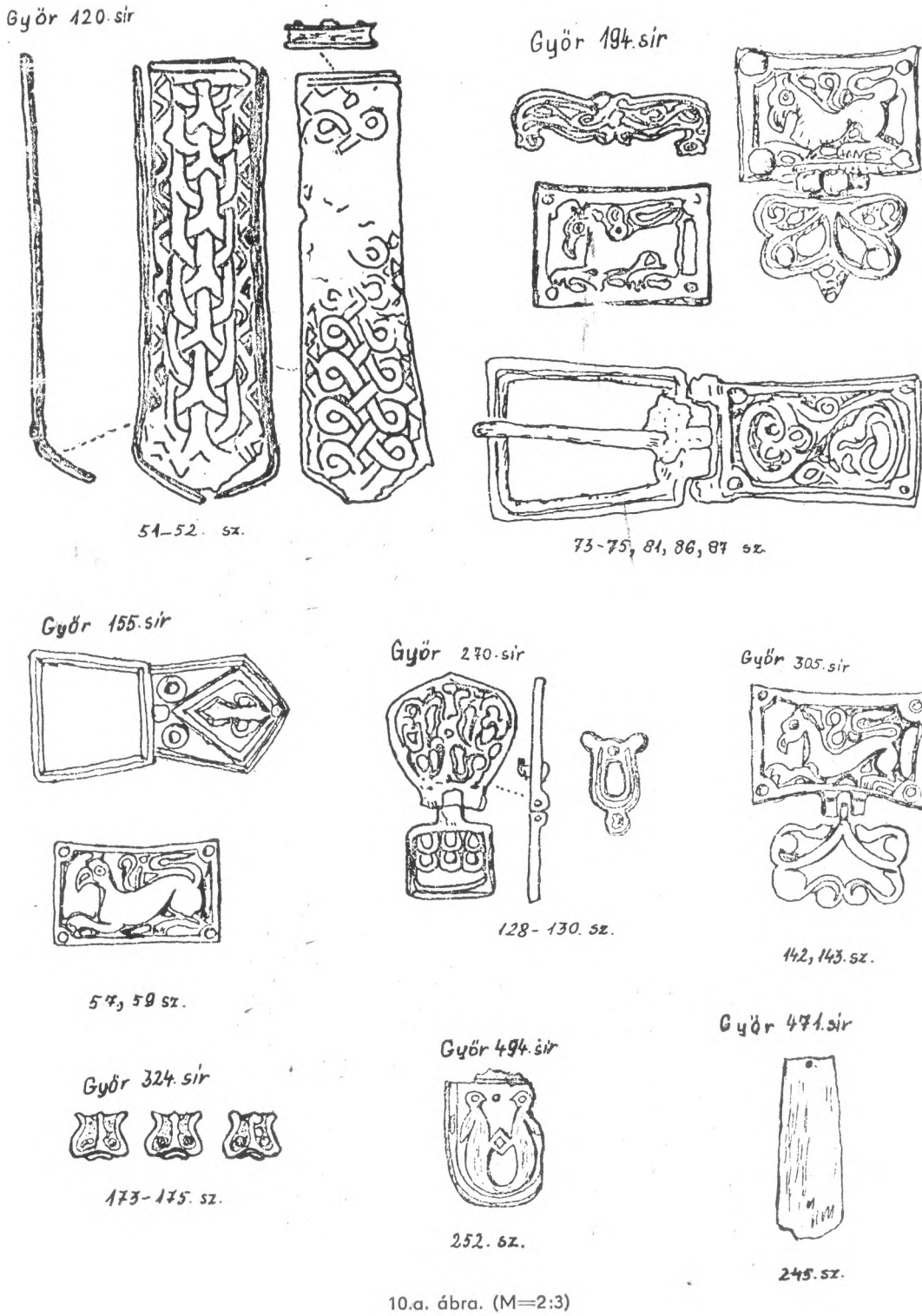
A restaurálás előtt, illetve közben elvégzett kvalitatív próbák csak az ezüst jelenlétét állapítják meg, s ezen próbák pozitív volta alátámaszthatta azt a beidegződött feltételezést, hogy az avar vereteket aranyozták, ezüstözték, vagy egyszerűen bevonat nélkül szerelték fel az övre.[52/a] Ha összehasonlítjuk a 11. és 12. ábrán látható két spektrumot, jól láthatjuk, hogy a lyukvédő veret alapanyagában eleve nagyobb az ezüst mennyisége. Így könnyen érthetővé válik, hogy a restaurálás-konzerválás előtt elvégzett tájékoztató vizsgálat során tapasztalt erőteljes reakció ezüst bevonat jelenlétét valószínűsítette.

Az 1. táblázat adataiból a gerjesztő sugár behatolási mélységének ismeretében azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a bevonóréteg igen finom, 0,1 mm körüli, vagy annál is vékonyabb lehetett. A legépebben megmaradt bevonatok elemzése során sem haladta meg ugyanis az óntartalom a 80%-ot, míg ha a bevonatréteg a gerjesztő sugár behatolási mélységénél vastagabb lenne, az ón mennyiségének meg kellene közelítenie a 100%-ot.

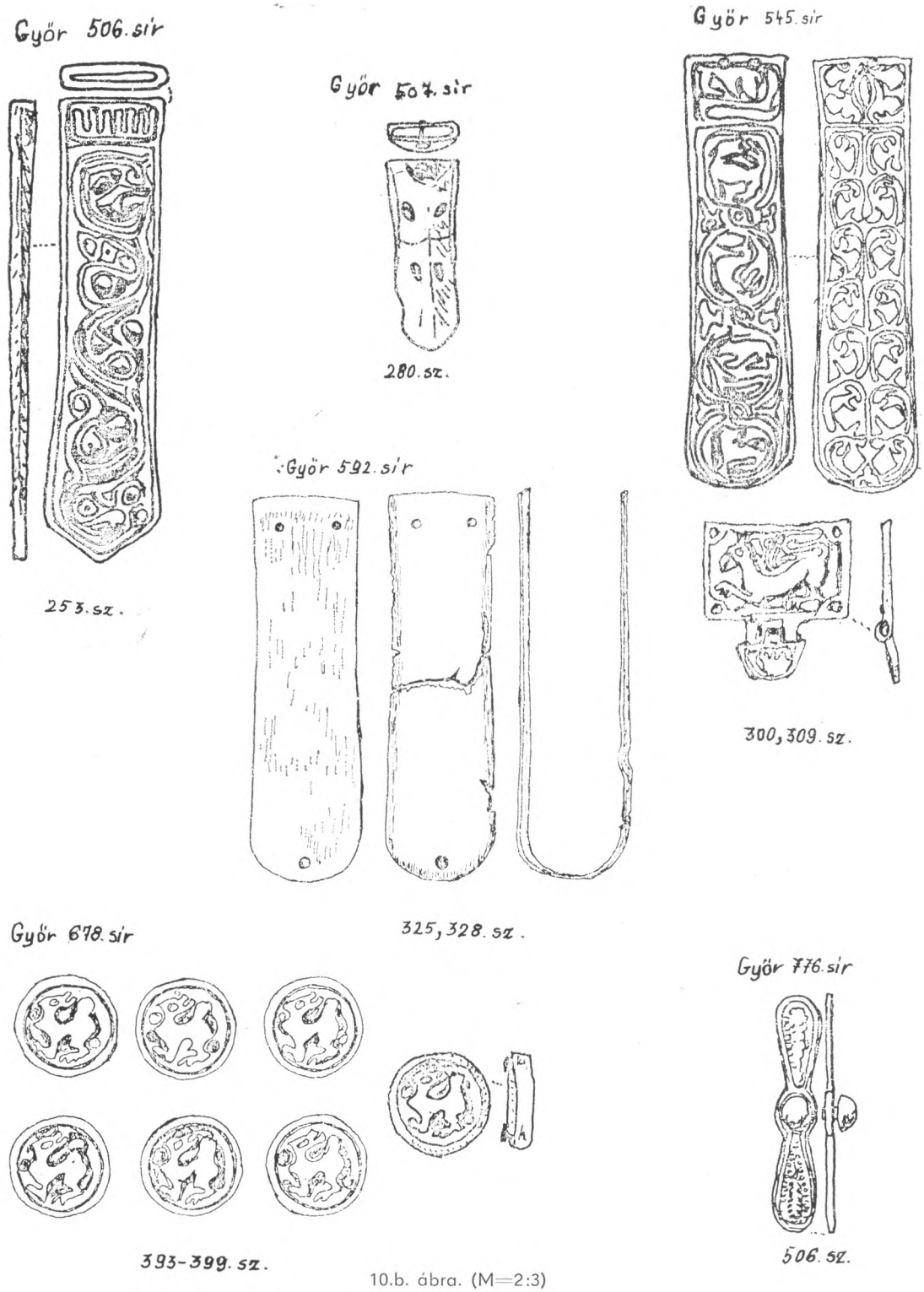
Az ilyen finom ónbevonat egyik – ma is alkalmazott – valószínű készítési technikáját alkalmam volt látni 1981. júniusában Nagyvázsonyban, a hazai fémrestaurátorok továbbképzésén. Itt egy rézművesmester mutatta be azt a módszert, amikor a forró bronzlemezen megfuttatott ónt puha gyapjú, vagy vászon ruhadarabbal végigtörölve állított elő a lemez felületén csillogó fényes, egyenletes, vékony ónréteget. Ez megmagyarázza azt a már korábban tett megfigyelésemet, hogy a bevonaton sok esetben

50. Az őskori tárgyak GAÁL ISTVÁN mórágy-tűzkődombi ásatásából, a török-kori lelet pedig GAÁL ATTILA szekszárd-palánki ásatásából származik.
51. Az 1440 körülre datálható 11 db bronz- és 2 db óntárgy (utóbbiak valószínűleg öntési próbák voltak) ZOLNAY LÁSZLÓ és NAGY ILDIKÓ ásatásán került elő 1981-ben a budai vár egyik egykori ciszternájából.
52. Az avarkori övveretek bevonatainak vizsgálata során szerzett tapasztalatokról részletesen beszámoltunk a III. Nemzetközi Restaurátor Szemináriumon 1981-ben (Költő 1982/a., b.) és a II. Iparrégészeti Konferencián 1982-ben (anyaga megjelenés alatt) Veszprémben. A vizsgálatok eredményei alapján sikerült a Veszprém megyei Múzeumi Igazgatóság központi restaurátorműhelyében az 1980-as veszprém-tejüzemi ásatáson feltárt ónbevonatot megőrizni és eredeti szépségében helyreállítani (Jánoska 1982.).

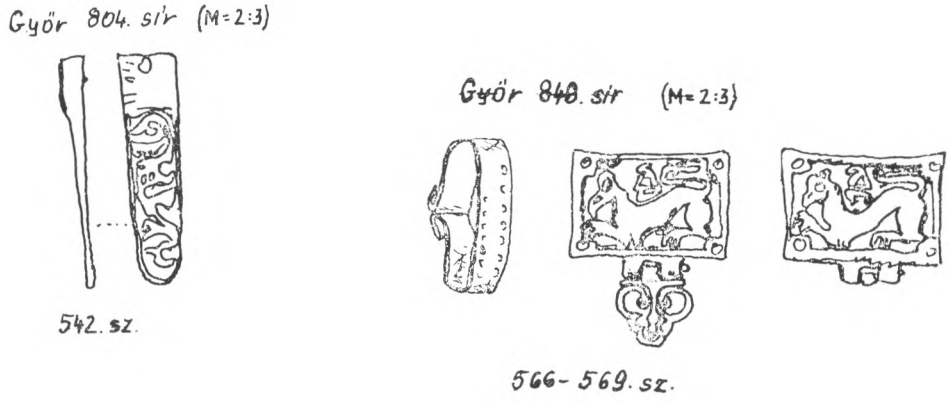
52/a BENCZE SÁNDOR és MORGÓS ANDRÁS a Csepelhárosi avar préselt lószerszámdísz forrasztásának röntgenfluoreszcens vizsgálata során szintén kimutatták az ezüst jelenlétét, azonban, mivel a vizsgálatot csak kvalitative végezték, s összehasonlítási alap nem állt rendelkezésükre, az alapötvözet ezüst tartalmával szemben végső soron inkább az ezüst bevonat meglétét valószínűsítették (Bencze 1980., 51. o.) Ez a megállapításuk nem áll ellentétben az általunk tapasztaltakkal, miszerint a lemezes vereteken valóban található ezüst bevonat is.


Győr 120. sír
51–52. sz.
Győr 194. sír
73–75, 81, 86, 87 sz.
Győr 155. sír
57, 59 sz.
Győr 270. sír
128–130. sz.
Győr 305. sír
142, 143. sz.
Győr 324. sír
173–175. sz.
Győr 494. sír
252. sz.
Győr 471. sír
245. sz.

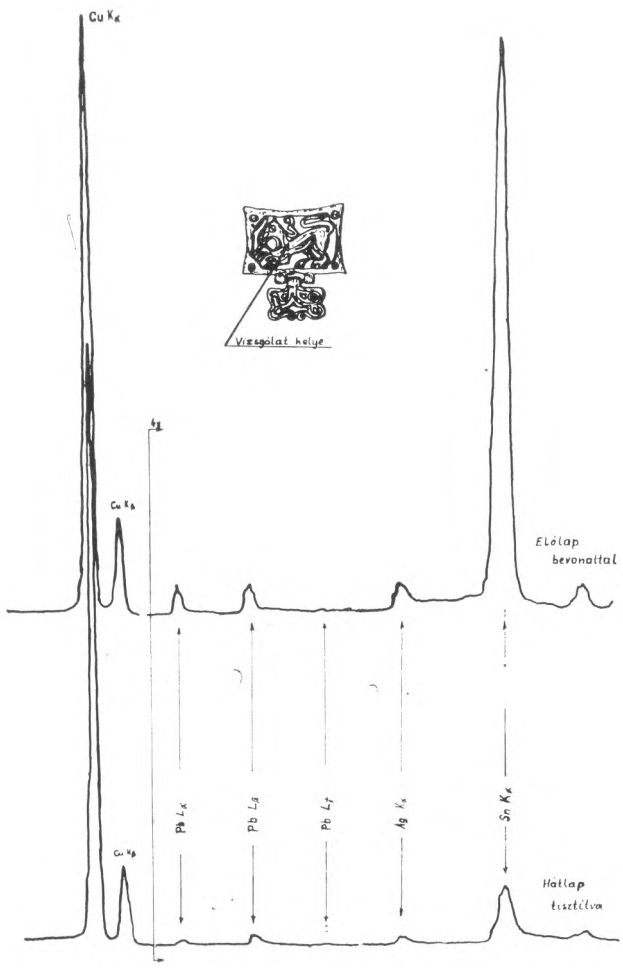
10.a. ábra. (M=2:3)


Győr 506. sír
253. sz.
Győr 507. sír
280. sz.
Győr 545. sír
300, 309. sz.
Győr 592. sír
325, 328. sz.
Győr 678. sír
393-399. sz.
Győr 776. sír
506. sz.

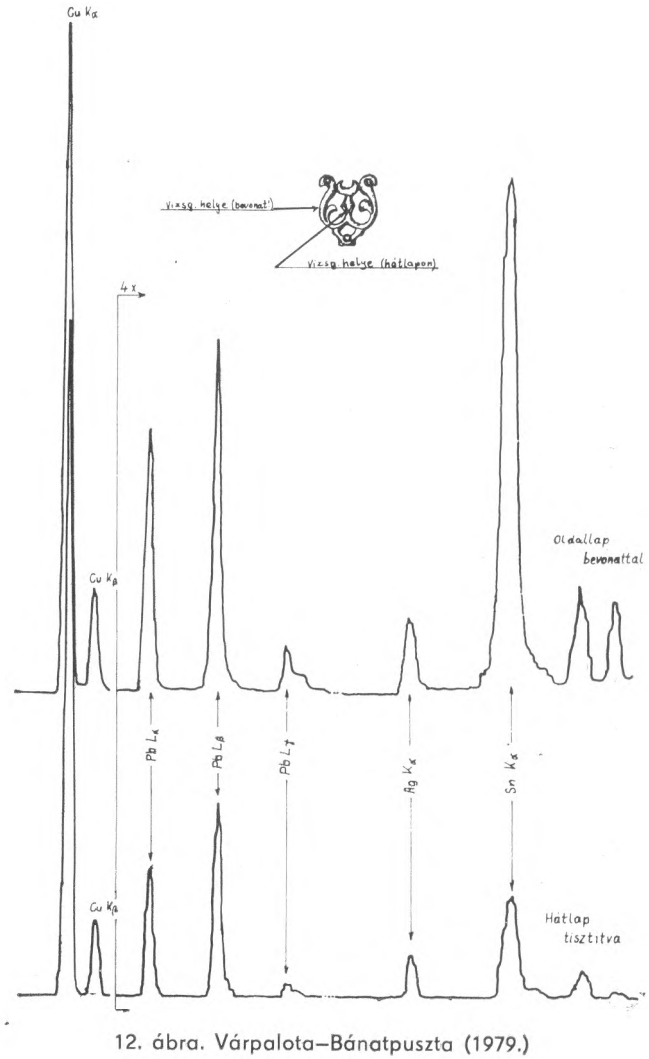
10.b. ábra. (M=2:3)


Győr 804. sír (M=2:3)
542. sz.
Győr 848. sír (M=2:3)
566-569. sz.
Győr 860. sír (M=2:3)
573, 574. sz.
Homokmégy 162. sír
(Lsz.: MNM 10.1936. 336-339) M=1:2
959. sz.
Szebény 128. sír (M=1:2)
776, 778, 782, 783. sz.

10.c. ábra.



11. ábra. Veszprém, Tejgyár Vörös okt. út (1980. V. 22.) 1. sír 22. sz. griffes veret



12. ábra. Várpalota–Bánatpuszta (1979.)

olyan „karcolások" láthatók, mintha ecsettel vitték volna fel azt a felületre. Az, hogy ez a jelenség a restaurálatlan, in situ leleteken is megfigyelhető, igen valószínűvé teszi a bevonatok készítésének ilyen módját az avar korban is.

Másik módszer lehetett még a forró, folyékony bevonó fémbe történő bemártás. Ezt az egyes veretek hátlapján (az áttörések és a veretek peremén) is megjelenő ón teszi valószínűvé. Az előlapon keletkező fémfelesleg letörlését ezeknél a daraboknál is alkalmazhatták, mivel az ilyen darabok esetében is sikerült megfigyelnem az ecsetvonás-szerű törlési nyomokat.

Az ónbevonatok alkalmazásához kapcsolódóan sikerült egy másik technikai megállapítást is tennünk. Nevezetesen azt, hogy a több lemezből összeállított szíjvégeket ónnal forrasztották össze, valamint azt, hogy az övet díszítő, bronzlemezből préselt rozetták nagy részét is ónba (vagy ón és ólom ötvözetébe) ágyazott, vagy ón – illetve óntartalmú ólom – forrasszal rögzített szegecsekkel erősítették fel az övre.[52/b]

Erre utal pl. a 19. és 21. sorszámú mérési adat, aminek alapján feltételezhető, hogy a győri 66. sírba temetett férfi övére a préselt rozettákat (I. tábla) a fent vázolt technikával felerősített szegecsekkel rakhatták fel. Ezt a feltételezést megerősíti a zamárdi–rétiföldeki avar temető néhány lemezes szíjvégének, rozettájának hasonló vizsgálati eredménye is.

52/b Ez a megfigyelésünk összhangban van Tóth József eredményeivel, aki a Tiszavárkony-hugyinparti avar temető anyagának restaurálása során elvégzett klaszszikus kémiai analízisek alapján jutott hasonló következtetésre (Tóth 1979., 194–200. o.). Azzal a különbséggel, hogy a kifejezetten a veretek hátoldali betöltésére irányuló vizsgálataink során abban mi antimont (Sb) nem találtunk. Tartalmaztak viszont ezek a betöltések az ón és ólom alapötvözeten kívül majdnem minden esetben ezüstöt és egy alkalommal kadmiumot (Cd). Lágyforrasz használatát bizonyítják Bencze Sándor és Morgós András is fent idézett cikkükben (Bence 1980., 51. o.).

Összefoglalva tehát megállapíthatjuk, hogy az ónbevonat alkalmazásának gyakorlata – a vizsgált esetek tanúbizonysága alapján – az egész késő avar kori birodalom területén elterjedt volt, s úgy tűnik, hogy az öntvényeken az aranyozás mellett csak ezt használták. A lemezes szíjvégek, veretek esetében azonban továbbra is fennáll mind az ezüstözés, mind az ónozás lehetősége. Ezeknél azonban nagyobb a valószínűsége, hogy ténylegesen ezüst bevonatot találunk.

3.2. *A fő ötvözetalkotók*

Első pillantásra megállapíthatjuk, hogy az avar kori és római bronzok egyaránt nem tiszta ón, vagy ólombronzok, hanem az ún. vörösötvözetek közé tartoznak. A rézhez ugyanis ónt és ólmot együttesen ötvöztek, és szinte valamennyiben található cink is.

Ha lelőhelyenként és egyenként sorra vesszük az egyes fő alkotóelemeket, az alábbi kép bontakozik ki előttünk:

3.2.1. *Réztartalom*

Győr–Téglavető-dűlő: Zömében 81–84%, de van egy kisebb csoport 70–72% körül, és 64–65% réztartalommal is. Ezek a csoportok tipológiailag összefolynak, azaz sem stílus, sem funkció szerint nem különíthetők el csupán a réztartalom alapján az egyes leletek. Egyedül a lemezből készült tárgyakról lehet nagy általánosságban megállapítani, hogy (néhány kivételtől eltekintve) az alacsonyan ötvözött bronzok közé tartoznak, tehát réztartalmuk magas. (Az, hogy a réztartalom és a típus között nincs szoros összefüggés, az összes vizsgált lelőhelyre érvényes!)

Tiszaderzs: 65–66% és 72–73% között állapítható meg egy nagyobb, illetve egy kisebb csoport.

Visznek: Jellemző a 64–65% közötti réztartalom, ami mellett egy kisebb 72–73% körüli csoport jelentkezik.

Szebény: Zömében 75–78% réztartalmú leletek, ami mellett 67–69% között található egy kis csoport.

Homokmégy: Jellemző a 75–78%, szintén egy 67–69% között jelentkező kisebb csoporttal.

Veszprém: A vizsgált garnitúra szintén inkább az alacsonyabb réztartalmú kategóriába tartozik (65–66%). Itt a további alkotóelemek vizsgálatára vonatkozó érvénnyel is meg kell jegyeznem, hogy nem került sor a teljes garnitúra elemzésére. Az eredményeknek inkább a bevonat-vizsgálatoknál van jelentősége, mint arra az előzőek során a bevonatréteg értékelésénél már utaltam.

Várpalota–Bántapuszta: Az elemzett övgarnitúra átlagos réztartalma 82–85% között található.

Táp–Borbapuszta: Egy 76–78% közötti és egy magasabb, 88–91% közötti csoport. A két garnitúra közül az aranyozott adja a magasabb réztartalmú csoportot. Az ékszerekkel összevetve három csoportot lehet megkülönböztetni, az ékszerek anyaga réztartalom tekintetében is valamelyest eltér mindkét típusú övgarnitúra alapanyagától.

Római eredetű bronzok: Elég széles talpú normál elosztást mutató hisztogram 85–88% közé eső maximumhellyel, ami mindenképpen a Fejér megyei avar bronzok réztartalma (83–85%) fölé esik.

3.2.2. *Óntartalom*

Győr–Téglavető-dűlő: A többség 5–5,6% között, és egy 10,5–12% közötti kisebb csoport. Ez összhangban van a félkvantitatív értékelések eredményével,[53] ami szintén arra utal, hogy a bronzok között két alapvető csoport van. Egyik, ahol az óntartalom több, és egy másik, amiben több az ólom és kevesebb az ón.

Tiszaderzs: 11–12% között.

Visznek: 16–17,5% közötti óntartalom.

Szebény: Két csoportot lehet megkülönböztetni. Egy 7,5–9% közöttit, és egy 13–14,5% közé eső óntartalommal rendelkezőt.

Homokmégy: Szintén két csoport van, egyik 7,5–8,5%, a másik 11,5–13% között.

Veszprém: Nehezen értékelhető, szétszórt adatok, zöme mégis inkább a 10–12% közé esik.

Várpalota–Bántapuszta: A vizsgált 1 db garnitúra elég alacsony, inkább a győri első csoporthoz hasonló 4–5,5% közötti értékeket mutat, ami mellett egy 0,5–1% közötti kisebb csoport van.

Táp–Borbapuszta: Az erről a lelőhelyről vizsgált két garnitúra is a várpalotaihoz hasonlóan viselkedik. Az adatok többsége a 4–5,5% közé esik, de van egy még kisebb óntartalmú (0,5–1%) csoport is.

Az ékszerek óntartalma is nagyjából ezekbe a tartományokba esik, azonban inkább a magasabb értékek felé tolódik el, s megjelenik egy 7,5–8,5% közötti óntartalmú csoport is.

A Fejér megyei avar és római bronzok összehasonlításakor azt tapasztalhatjuk, hogy míg a római bronzok óntartalma inkább alacsonyabb tartományokba kerül (0,5–1%, illetve 2,5–4%), addig az avar bronzok többsége 3,5–5%, illetve 7–8% ónt tartalmaz.

3.2.3. *Ólomtartalom*

Általánosságban megállapítható, hogy a szórás nagy, a hisztogramok eléggé elnyújtottak, kevéssé határozott maximumhelyeket mutatnak.

Győr–Téglevető-dűlő: Az ónhoz hasonlóan két csoport különböztethető meg: egy 1,5–3,5% közötti, és egy 7,5–9% közé eső.

Tiszaderzs: Az ólomtartalom elég nagy szórást mutat. Inkább a 13,5–15% és a 17–17,5% közötti értékek a jellemzőbbek, de jelentkezik egy igen magas, 20–22% ólmot tartalmozó réteg is. Általában az ólomtartalom soknak mondható.

Visznek: Az előbbihez hasonlóan nagyon elnyújtott hisztogramot kaptunk, de összességében itt is a magas ólomtartalom a jellemző, a vizsgált leletek

zőménél 10,5–12,5%, illetve 16–17,5% közé esik.
Szebény: Nagyjából 5–13% között eléggé egyenletes szórás tapasztalható. Ezen belül 7,5–8,5% és 10–11,5% között lehet egy-egy sűrűsödést megállapítani.
Homokmégy: Az előző megállapítások itt is érvényesek, 11,5–13,5% között egy enyhe maximumhely, és egy kisebb 5,5–7,5% közötti csoport jelentkezése állapítható meg.
Veszprém–Cseri út (tejüzem): Az adatok nagyon szóródnak, értékelhetetlen.
Várpalota–Bántapuszta: Általában elég alacsony ólomtartalom, jellemzőnek inkább az 5–7% közötti értékek látszanak.
Táp–Borbapuszta: A vizsgált két garnitúrának megfelelően két csoport látható. Egy igen alacsony, 0–1,5% közötti, és egy 9,5–12% közötti ólmot tartalmazó.

Az ékszerek ólomtartalma is igen alacsony, a 0–2% közötti tartományban jelentkezik. A *Fejér megyei avar bronzokon* belül is egy alacsonyabb, 1–4% közötti, és egy magasabb, 12–13% körüli érték látható, míg a római bronzok ólomtartalma egy-két kiugró értéktől eltekintve egyértelműen alacsony, 61%-ban 3%, 28%-ban pedig még 3% ólomtartalom alatt marad.

3.2.4. *Cu/Pb+Sn arány*

Már a félkvantitatív vizsgálatok eredményeként megállapítható volt, hogy az ötvöző elemek (Sn, Pb) alapján általában egy magasabb és egy alacsonyabb Sn:Pb arányú csoportot lehet megkülönböztetni.[53] Így valószínűnek látszott, hogy az ötvözéskor az ón és az ólom együttes mennyiségét arányították a rézhez, esetleg eleve Sn–Pb ötvözetként adagolták a forrasztásra egyébként is ilyen formában használt ötvözőanyagot.

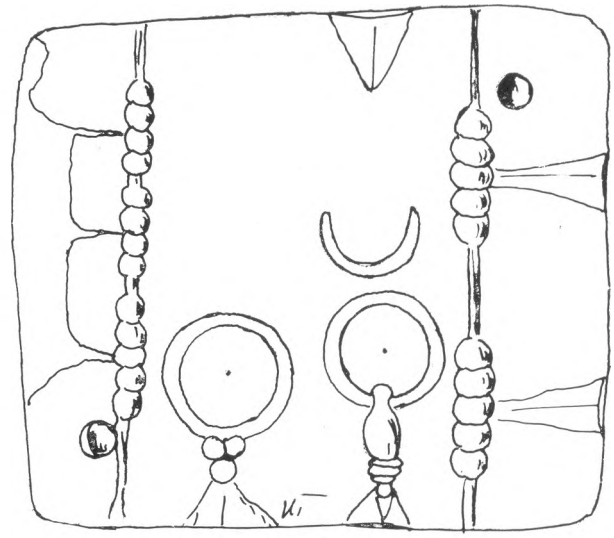
Ennek a hipotézisnek az ellenőrzésére felvettük a Cu/Pb+Sn arány hisztogramját is, hogy megállapítható-e valamilyen állandó viszony a réz és a két ötvözőelem együttes mennyisége között?

Győr–Téglavető-dűlő: A réz mennyisége 3–6-szoros érték között van.
Tiszaderzs, Visznek: Egyaránt 1,5–3-szoros rézmennyiség mérhető.
A szebényi bronzok réztartalma 2,5–4,5-szeres, a *homokmégyieké* 2,5–4-szeres értékek között változik.
Veszprémnél szintén magas ötvözőtartalomra utal, hogy az arányszám 1–3 közé esik, míg a *bántapusztai* garnitúrában inkább a győrihez hasonlóan 4–8-szoros a réz mennyisége a fő ötvöző elemekhez viszonyítva.
A Fejér megyei avar bronzokban zömében kétszeres, illetve hatszoros mennyiséget mutat, míg a római bronzok többségére jellemző 5–15 közé eső arányszám alacsony ötvözöttségre utal.
Táp–Borbapuszta: Az ékszereknél és övvereteknél 1/3–1/6 rész között van a két fő ötvözőelem együttes mennyisége.

Végeredményben szoros, a teljes vizsgált területre érvényes törvényszerűséget nem lehet itt sem megállapítani, csakúgy, mint a fő ötvözetalkotók egyenkénti mennyiségének vizsgálata során. Inkább az látszik valószínűnek, hogy általában magasan ötvözött bronzok szerepelnek az avar kori öntvények alapanyagaként, s ezen belül temetőnként – vagy még inkább tájegységenként – kisebb-nagyobb eltérések jelentkeznek. Ez a jelenség bár közös ötvöshagyományokra és valószínűleg egy általánosan ismert technológiára mutat, a nagyobb egységenkénti eltérések mégsem egy egyetlen központ meglétét,[54] hanem több, kisebb-nagyobb területet ellátó műhely működését látszik igazolni.

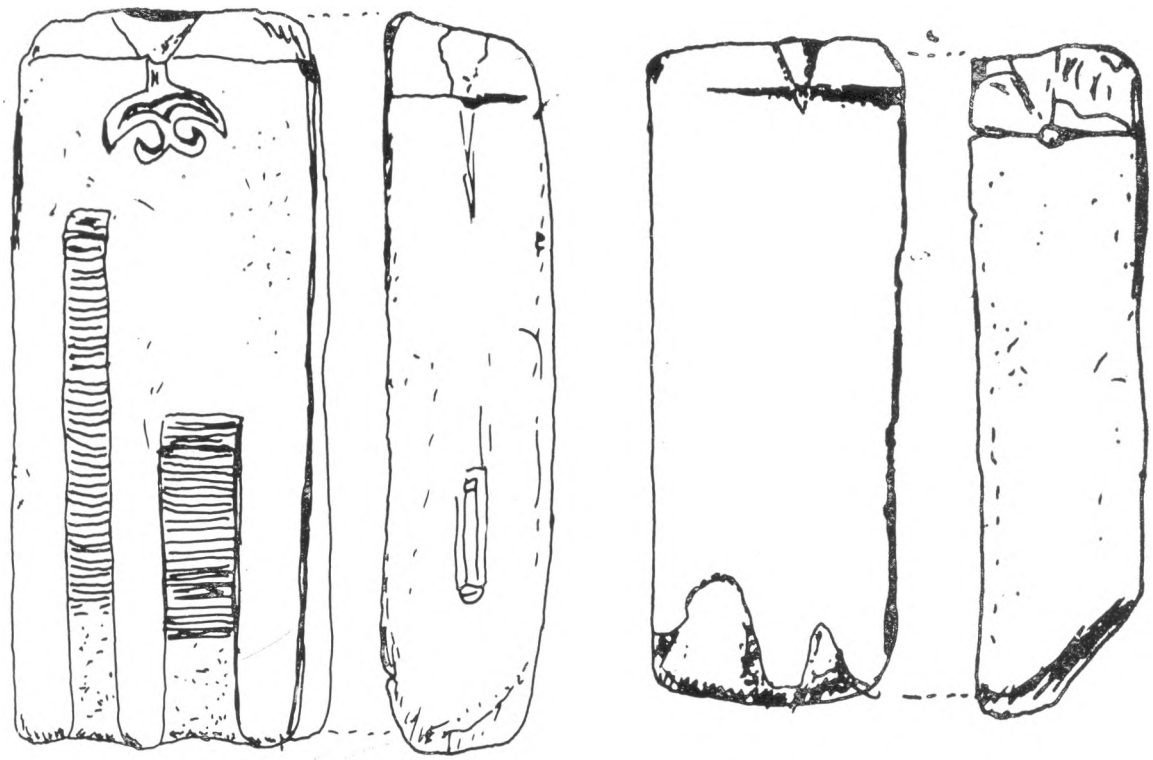
Ezt alátámasztja az egyes övgarnitúráknak a vizsgálat során tapasztalt összetételbeli heterogenitása, valamint az is, hogy hazánk területéről eddig két lelőhelyről mindössze két darab állandó jellegű (kőbe vésett) öntőminta ismeretes[55] (13., 14. ábra).

Közülük az egyik (Átokháza–Bilisics) félbemaradt. Az eddigi meghatározások szerint valószínűleg az avar kor végéről valók, s nem is bronz, hanem ólom öntésére szolgáltak.[56] Ezenkívül mindkettő ékszerek öntésére alkalmas. Ebből a korból egyébként is kevés hasonló jellegű leletet ismerünk. Avar lakóterületen eddig egyetlen olyan VII–VIII. századi ötvösműhelyt sem találtak, ahol övveretet öntöttek volna.[57] (Artamonov szarkeli ásatásából közöl öntőtégelyeket



13. ábra. Öntőminta az Átokháza-Bilisics 3. sírból

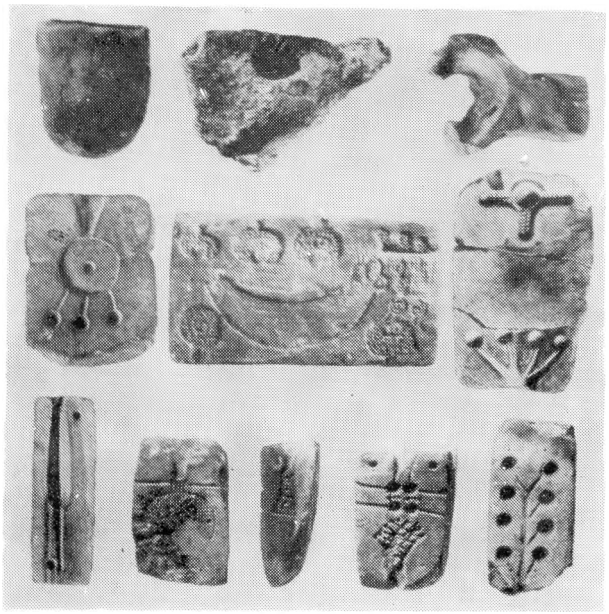
53. KÖLTŐ 1980., 1981.
54. FETTICH 1965.
55. CSALLÁNY 1957., TETTAMANTI 1977.
56. FETTICH 1965., TETTAMANTI 1977.
57. ERDÉLYI 1982.



14. ábra. A Vác–Kavicsbánya 140. sír öntőmintája

és öntőmintákat ⟨15. ábra⟩ – sajnos méret megjelölése nélkül –, melyek között a vác–kavicsbányai lunulás öntőformának van párhuzama.[58])

Ezeken kívül Pliszkából ismeretes még olyan kőminta, amelybe veretek, csat és szíjvég formája volt belefaragva[59] (16. ábra).



15. ábra.



16. ábra.

58. ARTAMONOV 1958.

59. VAKLINOV 1977.

Ezek a tények szintén arra engednek következtetni, hogy nem volt egy nagy, egész birodalmat ellátó központi műhely, amihez véleményem szerint egy helyen több, állandó jellegű minta (sőt mintakészlet) megléte szükséges. A nagyfokú lelethiány önmagában is nem állandó minták használatára utal.

Az általánosan magas ötvözőtartalom azt jelenti, hogy ezeknek a bronzoknak túlnyomó része az ún. önthető ötvözetek csoportjába tartozik, az ún. alakítható ötvözetekkel szemben, amelyeket éppen az utólagos megmunkálhatóság (nyújtás, hajlítás, kalapálás stb.) érdekében az alacsonyabb ötvözőfém-tartalom jellemez.[60] A sok ötvöző általában rideggé, utólagos alakításra alkalmatlanná teszi a színesfémeket.

Az avar bronzok magas ólomtartalma nagymértékben hozzájárult a precíz öntés kivitelezéséhez. Amint azt a kísérletek igazolták,[61] az ún. vörösötvözetekben az ólomtartalom növelésével növekszik az ötvözet nyomásállósága, ami azt jelenti, hogy az öntés során a dermedés közbeni zsugorodás igen kicsi!

Az ólomtartalomnak az elvégzett kísérletek tanúsága alapján 5% óntartalom mellett 6,5%-nál optimuma van, ezen felül a zsugorodási tulajdonságok nem javulnak. Általános érvénnyel kimondható azonban, hogy az ólom mennyiségének az óntartalom rovására történő növelése jelentősen csökkenti az ötvözet dermedés közbeni zsugorodását.

Nem tarthatjuk véletlennek tehát, hogy az avar bronzöntvények túlnyomó részében éppen 7–12% közötti ólomtartalmat mérhettünk.

Az egy garnitúrához tartozó darabok összetételében mutatkozó eltérések azzal a ma már közismert ténnyel látszanak összefüggésben lenni, hogy bár első pillantásra sok azonosnak tűnő veret, sőt nagyszíjvég is létezik, ezek alaposabb tanulmányozása során elég lényeges méret- és megformálásbeli differenciák tűnnek elő.[62]

Néhány garnitúránál lemértem a griffes veretek főbb befoglaló méreteit. Az adatokat a 3. táblázatban foglaltam össze.

3.3. *A kísérőelemek*

3.3.1. *Cinktartalom*

A győr–téglavető-dűlői leletek 1/3 részében 0,9% alatti érték. Egy másik maximumhely 1,5–2,4% között jelentkezik, és egy kisebb csoport 5% körüli értéket mutat.

A tiszaderzsi avar bronzok 50%-a 0,2% alatti cinket tartalmaz, kisebb csoport jelentkezik 1,2–1,6% között.

Visznek 0,3% alatt egy kisebb csoport, túlnyomó részt azonban a cinktartalom 0,7–1% közé esik.

A homokmégyi leletek zömében 1–1,5% között található a cink, de előfordul néhány kiugróan magas érték is.

Szebény: Van egy elég jelentős számú 0,2% alatti csoport, de túlnyomórészt Homokmégyhez hasonlóan 0,8–1,4% közötti értékek fordulnak elő. Néhány kiugró érték itt is előfordul.

Az egyetlen vizsgált *veszprémi* garnitúra viszonylag magas, 3,5–4,5% körüli cinket tartalmaz.

A várpalota–bántapusztai garnitúra veretei egy alacsonyabb (0,5% alatti) és egy magasabb (1–1,5% közötti) cinktartalmú csoportot alkotnak.

Táp–Borbapusztán hasonlóan két csoportot különböztetünk meg. Ebben az esetben ez a két csoport a két vizsgált övgarnitúrának felel meg. Az aranyozott bronzok cinktartalma alacsony (0,2% alatti), míg a másik vizsgált garnitúra darabjai 5–7% közötti értékeket mutatnak.

Az ékszerek láthatóan inkább az alacsonyabb tartományban növelik meg az esetszámot, de különböznek mindkét övgarnitúrától. (Cinktartalmuk átlagosan 1–1,5%.)

A Fejér megyei avar övveretek 90%-ánál 0,5% alatt marad a cinktartalom, míg a római bronzok 78%-a tartalmaz 0,5% fölötti cinket. Ennek kb. fele része az 1–2% közötti tartományba, fele része pedig a 7% fölötti tartományba esik. Az alacsonyabb cinktartalmú római bronzok többségét az érmék alkotják.

3.3.2. *Ezüsttartalom*

Győr–Téglavető-dűlő: A vizsgált leletek többsége 0,3–0,6% közötti ezüstöt tartalmaz, jelentős számú a 0,2% alatti, illetve az 1% körüli ezüstöt tartalmazó darab. Egy kis önálló csoport található 2–2,5% ezüsttartalomnál.

Tiszaderzs: Az átlagérték 0,4–0,7% között található.

Visznek: 0,5–0,8% közötti maximumhely tapasztalható.

Szebény: Az átlagérték 0,4–0,7% között található, több 1% fölötti értékkel.

Homokmégy: 0,4–0,8% közötti értékek jellemzőek, a hisztogram inkább az alacsonyabb tartományok felé aszimmetrikus.

Veszprém–Cseri út: Néhány 0,4–0,7% közé eső érték mellett a veretek túlnyomó része 1,5% körüli, illetve afölötti mennyiségű ezüstöt tartalmaz.

Várpalota–Bántapuszta: A vizsgált garnitúra darabjai látszólag két csoportra oszlanak (egy 0,1–0,3% és egy 0,5–0,7% közöttire), de nem határozható meg egyértelmű összefüggés az öntvény övön betöltött funkciója és az ezüsttartalom között.

60. SZÉKELY 1968.
61. EKBOM 1961.
62. A legvalószínűbb öntési technikáról; (puhafém mintadarab alapján, illetve sorozatos viaszveszejtéses eljárással történő öntés): LÁSZLÓ 1956., LÁSZLÓ 1970. Ugyanitt a megelőző elképzelések ismertetése és kritikája is megtalálható. Legújabban ERDÉLYI ISTVÁN említ dagesztáni párhuzamokat, puhafém mintadarab alkalmazásával pakurával (zsírral), tégla-, vagy kőporral kevert homokformákba történő öntésről: Erdélyi 1982., 159. o.

Táp–Borbapuszta: Az övveretek és az ékszerek egyaránt 0,1–0,3% közötti ezüstöt tartalmaznak.

A Fejér megyei avar övveretekben 0,1–0,5% az ezüsttartalom, a római bronzok 0,05–0,15% közötti ezüstöt tartalmaznak.

3.3.3. *Vastartalom*

Győr–Téglavető-dűlő: Az eredmények egy része (a 0%-ot adók) nem értékelhetők, mivel a vastartalmat a mérési sorozat első részében több darabnál nem határoztuk meg. A valóban mért adatok körében a 0,6–1% közötti érték az általános.

Visznek: Az átlagérték 2–2,8% között van, elég jelentős mennyiség található 5% vastartalom fölött.

Tiszaderzs: 0,6–1,2% és 2% körüli átlagértékek tapasztalhatók.

Szebény: Az átlag 0,8–1,4%-ot mutat, néhány 4% fölötti értékkel, és egy kisebb, 0,2% alatti csoporttal.

Homokmégy: Több maximumhellyel rendelkező hisztogram, körülbelül azonos súllyal 0,8–1,2%, 2,8–3,4% közötti értékek, néhány 5% fölötti vastartalommal rendelkező darabbal.

Várpalota–Bántapuszta: Egy 0,5% alatti és egy 1,5–2,0% közötti csoport.

Táp–Borbapuszta: Az övveretek esetében 0,5–1% közötti átlagérték tapasztalható, az ékszerek többsége 0,5% alatti vasat tartalmaz.

A Fejér megyei avar bronzok vastartalma átlagosan alacsony, 61%-uk 0,05% alatti vastartalmat mutat. A több vasat tartalmazó csoport vastartalma is csak 0,1–0,3% közötti érték.

A római eredetű bronztárgyaknak csaknem fele szintén 0,05% alatti vasat tartalmaz, többi része igen lapos talpú normál elosztást mutat, melynek maximuma 0,5–0,65% körül van.

3.3.4. *Antimontartalom*

Antimont az első mérési sorozatban[63] nem tudtunk meghatározni. A detektor érzékenységét azonban időközben sikerült megnövelni, így az első lépcsőben vizsgált, fentebb tárgyalt hat alkotóelem mellett (az övvereteket felerősítő szegecsek kivételével) minden esetben mennyiségileg is meghatározhatóvá vált az antimon (Sb) is, amelynek mennyisége a különböző lelőhelyeken az alábbiak szerint alakul:

Táp–Borbapuszta: Övveretekben 0,15–0,3% közötti mennyiség az általános. Az ékszerek csaknem kivétel nélkül 0,05% alatti antimont tartalmaznak.

Várpalota–Bántapuszta: Egy kicsi, 0,02% alatti antimontartalmú csoporton kívül az átlagérték 0,25–0,35% körül van.

Fejér megyei avar bronzok: 0,2–0,35% körüli átlagérték, néhány darab (a vizsgált esetek 7%-a) 0,5% feletti antimontartalommal.

A római bronzok 71%-a 0,05% alatt, illetve csak nyomokban tartalmaz antimont, többi részük 0,2–0,3% közötti Sb-tartalommal bír.

Az összes olyan esetben tehát, ahol mérhető volt az antimontartalom, egy-két kivételes esettől eltekintve 0,5% alatt marad, s így joggal sorolható a kísérőelemek közé, nem tekinthető ötvözőnek.

A kísérőelemekkel kapcsolatosan egy korróziós problémáról kell még említést tenni, nevezetesen az ún. „elcinktelenedés"-ről. Ez a cinktartalmú ötvözetek egy speciális elektrokémiai típusú korróziója, amikoris a korrózió szempontjából kedvező feltételek mellett a cink mintegy kioldódik az ötvözetből. Ez a szelektív korrózió elvileg bizonytalanná tehetné az összetétel meghatározását, azonban a jelenség inkább a sárgarezekre jellemző és magas, 15% feletti cinktartalomnál következik be. Az avar kori bronzok cinktartalma ennek jóval alatta marad, ezenkívül a folyamatra a jelenlevő antimon és ón inhibitorként hathat, azaz csökkenti annak bekövetkezési valószínűségét, sebességét.[64]

3.4. *Az övveretek felerősítő szegecseinek vizsgálata*

A vizsgálat során sok esetben kaptunk olyan eredményeket, ami arra mutatott, hogy az egyes övgarnitúrák darabjai nem hasonló összetételűek, tehát nem azonos öntés termékei. Ezekről feltételezhető volt, hogy nem egyszerre szerelték fel az övre. Az övek megújítására, a veretek újrafelhasználására utaló jelenségként volt értékelhető az a megfigyelésem is, amit két garnitúra esetében tettem. A győri 324. sírhoz tartozó 173–175. sorszámú mellékszíj veretek (IV. tábla) eredetileg egybeöntött csappal készültek. Ezeket a csapokat elkalapálták, s két újabb, már átfúrt megoldású szegeccsel erősítették fel a kis vereteket.

A szebényi 140. sír garnitúrájának 827. sorszámú lyukvédő verete, valamint a 835. sorszámú mellékszíj verete eredetileg szintén egybeöntött felerősítő csapokkal készült, illetve a 843. sz. mellékszíj vereten a többitől eltérően átfúrt lyukak találhatók (XII. tábla). A felszerelést a csapok mellett fúrt lyukakba helyezett huzalszegecsekkel végezték, tehát nem az eredetileg szándékolt módszerrel lettek felerősítve. A két mellékszíjveret csapjai letörtek, így mondhatnánk, hogy ezért volt szükség a külön idegen anyagból készült szegecsekre. A lyukvédőn azonban a szegecslyukakon belül mindhárom eredeti csapocska megtalálható! Valószínű, hogy ezek nem érték át a hosszúságuknál vastagabb bőrszíjat.

Az egyes garnitúrák különböző összetételű darabjaihoz hasonlóan ezekről is feltételezhető volt, hogy nem a többi verettel együtt szerelték fel az övre. E feltételezés ellenőrzése céljából vizsgálatokat végez-

63. KÖLTŐ 1980.

64. SZÉKELY 1968.

tem néhány övgarnitúra felerősítő szegecseivel is.[65] Az elemzési adatokat a 4. táblázat tartalmazza.

A szegecseket általában igen alacsonyan ötvözött bronzokból készítették (a Cu/Pb+Sn arány 30, illetve 40)

A fő ötvözetalkotók és a kísérőelemek hisztogramjain egyaránt két nagy csoportot lehet megkülönböztetni.

A réztartalom alapján egy alacsonyabb (90–92%; és egy magasabb, 96–97,5%) réztartalmú csoport különíthető el. Az értékelhető adatok közül az óntartalom különbözősége is egy 0,8–1,1% közötti és egy 1,3–1,6%-os csoportot jelöl ki.

A két csoport ólomtartalma 0,5–1,5%, illetve 2,5–4% között változik.

Igen élesen két csoportra választja a szegecseket az ezüsttartalom különbözősége: 0,05–0,2% és 0,75–0,95% között találunk egy-egy maximumhelyet.

A cink- és vastartalom alapján egyaránt három alapvető csoportba sorolhatók a szegecsek. Mindkét elem alkot egy igen alacsony (0,2% Zn-, illetve 0,05% Fe-tartalom alatti), egy közepes (0,4–1% Zn, illetve 0,1–0,2% Fe), valamint egy magasabb értékű csoportot (1,5% körüli Zn-, illetve 0,4–0,5% közötti Fe-tartalommal). Ezeken kívül a cinktartalom alapján kijelölhető egy magas (5% vagy afeletti) cinktartalmú csoport is.

A két alapvető nagy csoport létezése összefüggésbe hozható azzal, hogy a vizsgált szegecsekhez tartozó övek két lelőhelyről (Győr–Téglavető-dűlő, Várpalota–Bántapuszta) származtak.

A győri temetőből származó szegecsek réztartalma általában alacsonyabb, mint a várpalotaiaké. Az óntartalomban mutatkozó különbség a várpalotai garnitúrán belül osztja kétfelé a vereteket. A győri 833. sír ilyen szempontból értékelhető szegecsei a magasabb óntartalmú csoportban foglalnak helyet.

Hasonló a helyzet az ólomtartalom esetében is. A Győrből származó szegecsek általában több ólmot tartalmaznak, mint a várpalotaiak.

A magasabb ezüsttartalom egyértelműen a várpalotai garnitúrához tartozik.

A cink- és vastartalom alapján ugyan nem válik el egyértelműen a két lelőhely anyaga, annyi azonban megállapítható, hogy a kiugróan magas cinkértékek kizárólag a győri övveretek felerősítő szegecseit jellemzik.

A felerősítő szegecsek összetartozását vizsgáló dendrogramból megállapíthatjuk, hogy egy-egy övgarnitúra veretei általában többféle típusú szegecsel lettek fölerősítve. A különböző típusok elhelyezkedése azonban rendszerint olyan, hogy a veretek együvé tartozása biztosan eldönthető.

A különböző időben történt felszerelés eldöntése sajnos nem ennyire egyértelmű. Majdnem bizonyos ugyanis, hogy az ötvös többféle drótból ledarabolt szegecsekből állandó készlettel rendelkezett. Így aztán megvan a valószínűsége (bár igen kicsi), hogy egy veretsorozatot egyszerre szerel fel ugyan az övre, de valamelyik verethez az összes többitől eltérő összetételű szegecseket használ. Ez a valószínűség az egy vereten alkalmazott szegecsek számának növelésével rohamosan csökken. Ezzel együtt nő annak a megállapításnak a biztonsága, hogy ha pl. egy négy szöggel felerősített veret szögei a többi verethez képest különálló csoportot (vagy csoportokat) alkotnak, akkor az a veret a többivel nem egyszerre lett felerősítve.

Ilyen esetekben az alapösszetételhez való viszonyulás lehet segítségünkre. Ha ugyanis a szegecsösszetétel és a veretek elemarányai is eltérnek egymástól, valószínűbb a különböző időben történt felszerelés, míg hasonló veretösszetétel inkább az egyidőben történő felerősítést támasztja alá.

A győri temetőből, 9 sírból 58 darab szögecset vizsgáltunk meg. (4. táblázat 1–60. sorszám.)

Győr–Téglavető-dűlő 72. sír (I. tábla, 34. sorszám)

1 db szegecs vizsgálatára került sor. Ennek összetétele eltér az összes többi vizsgált darabétól.

106. sír (I. tábla, 35. sorszám)

A 37. mérési sorszámú préselt veret (kisszíjvég?) felerősítésére használt szegecs összetétele a 252. sír (III. tábla) kerek, öntött vereteinek szegecseihez mutat szoros hasonlóságot!

119. sír (I. tábla, 53–54. sorszám)

A vizsgált két szegecs hasonló összetételű, különösebb következtetés levonására az adott garnitúrán belül nem alkalmas. (Annyit jelent, hogy a bujtatót egy anyagból származó szegecsekkel erősítették fel az övre.)

Érdekesebb azonban az, hogy ezek a szegecsek elég szoros hasonlóságot mutatnak a 776. sír 20. sorszámú szegecséhez.

120. sír (II. tábla, 36–37. sorszám)

A nagyszíjvégből származó megvizsgált két szegecs összetétele eltérő ólomtartalmuk miatt erősen különböző.

155. sír (II. tábla, 38–52. sorszám)

A szegecsek anyagában lényeges eltérés nem tapasztalható, a három (esetleg négy) igen közelálló csoport tagjai egyértelműen úgy helyezkednek el a vereteken, hogy azokat csak egy időben erősíthették fel.

252. sír (III. tábla, 25–33. sorszám)

A kerek veretekből álló garnitúrát 4 csoportba sorolható szegecsekkel erősítették fel. A 110. sorszámú

65. A szegecsek esetében a mérési időt 300 sec-ra növeltük, hogy a kis felületről nyerhető alacsony sugárzási intenzitásból adódó hibalehetőséget kiküszöbölük. Az első sorozatban az 1 százalék körüli óntartalom technikai okok miatt nem volt meghatározható. A szegecsek kis mérete következtében ugyanis a levegő által szórt sugárzás elfedte a spektrumban az óncsúcsot. A második sorozatban hasonló okok miatt nem tudtuk az antimontartalmat mérni. Az érzékenyebb detektorral azonban a levegő szóró hatásának korrigálása után az óntartalom már meghatározhatóvá vált.

veret szegecsei a többitől eltérő összetételűek ugyan, azonban a veret összetétele alapján mégsem tekinthetjük külön felszerelt darabnak. Két veret felerősítő szegecsei szoros hasonlóságot mutatnak a 315. sír szegecseivel (IV. tábla), négy vereten alkalmazott szögekkel pedig a 106. sír van szoros kapcsolatban!

315. sír (IV. tábla, 1–12. sorszám)

A szegecsek öt csoportot alkotnak úgy, hogy a 152. és 154. sorszámú vereteket elválasztják a garnitúra többi darabjától. Összetartozásuk vagy külön történt felszerelésük nem dönthető el egyértelműen, mindhárom csuklós veret összetétele más és más, a csüngők veretekhez rendelése pedig a csukló-szegek hiánya miatt bizonytalan, bár a jelenlegi összeállításban a két különálló veret csüngőinek összetétele egymáshoz nagyobb hasonlóságot mutat, mint a garnitúra többi darabjához.

Ezeken kívül a 152. sorszámú veretből csak egy szegecs vizsgálata volt lehetséges.

A többi veretet felerősítő szegecsek összetétele hasonló a 252. sír kerek vereteinek szegecseihez.

776. sír (VIII. tábla, 13–24. sorszám)

Ötféle típusú szegecset találtunk a garnitúrában. Az 507. sorszámú lyukvédő veret két szögecse egymástól is és a garnitúra többi darabjától is eltér. A veret típusa és összetétele is más, ezzel együtt valószínű, hogy nem tartozott a garnitúrához. Így a 119. sírral való kapcsolat is bizonytalanná válik. A 16. és a 19. sorszámú szegecs nem volt vizsgálható, a többi összetétel azonban nem tér el annyira egymástól, hogy az 507. sorszámú kivételével ne lehettek volna egyszerre felszerelve a veretek.

838. sír (X. tábla, 55–60. sorszám)

Gyakorlatilag teljesen egyféle szegecsekkel felerősített veretek alkotják a garnitúrát.

Várpalota–Bántapuszta 4. sír (XX. tábla, 61–138. sorszám)

Az egykor szegecsekkel felerősített, ilyen szempontból vizsgálható 29 darab veret, illetve szíjvég 78 darab felerősítő szegecse maradt ránk. Ez a mennyiség 37 féle összetételt képvisel, ami arra mutat, hogy az övet készítő mester igen nagy készlettel rendelkezhetett, vagy pedig sok, igen rövid bronzdrótból készítette az átlagosnál hosszabb szegecseit.

A szegecsek elemzési adatai alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a vizsgált esetek többségében a halottal sírba tett garnitúra különböző összetételű egyes veretei egyszerre kerültek fel az övre. Ez alól a győri 776. sír lehetett kivétel, ahol a garnitúrában levő kétféle típusú lyukvédő (VII. tábla, 507., 508. sorszám) közül az 507. sorszámú más összetételű szegecsekkel volt felerősítve, mint az összes többi veret. A lyukvédő összetétele is különbözik a többi darabétól, így joggal feltételezhető az utólagos felerősítés. A többi, egységesnek talált garnitúrával egybevetve azonban ez az eltérés inkább arra utal, hogy a lyukvédő eredetileg nem is ehhez a garnitúrához tartozott, hanem hozzá keveredett, amire az anyag eléggé hányatott sorsa[66] indokul szolgálhat.

A szegecsekhez kapcsolódó egyéb megfigyelések:

A veretek felerősítésének két módját tapasztaltam. Egyik az, amikor a verettel egybeöntötték a felerősítő csapot, és azt kalapálták vissza az öv belső oldalán. Másik, amikor utólag fúrták ki az öntvényt, és két oldalról megfejelt huzal-szegeccsel erősítették fel. Legtöbb esetben mindkét módszernél lemezből kinyírt (kerek, ovális vagy szögletes) alátét lapocskát helyeztek a hátsó oldalon visszakalapált szegecsfej alá.

3.5. *A temetők belső összefüggései a leletek összetétele alapján*[67]

3.5.1. *Győr–Téglavető-dűlő*

Az egyes lelettípusok összetétele szerinti összefüggést a temető térképén ábrázolva (17. ábra) olyan egyidejűségre utaló kapcsolatokat fedezhetünk fel, amelyek a temetőnek legutóbb Tomka Péter által elvégzett elemzését[68] látszanak igazolni (7. ábra), miszerint a „benépesítés" az egyes periódusokban a temető különböző pontjain közel azonos időben, több csoportban történt.[69] Másik oldalról megközelítve a kérdést, az értékelés azt is jelentheti, hogy hosszú ideig azonos hagyományokkal (technológiával) dolgozó műhely látta el az ott élő közösséget.

A nagyszíjvégek alapján az 506. és 690. sír között állapíthatunk meg összefüggést, a 690. sír két lapból összeállított nagyszíjvégének 413. sorszámú (törött) lapja közel azonos összetételű az 506. sír 253. sorszámú, egy darabból öntött tokos nagyszíjvégével. A két sír közötti összefüggést megerősíti a 690. sír két csüngőjének (427., 433. sorszámú) hasonlósága az 506. sír 266. sorszámú csüngőjéhez.

A nagyszíjvégek összetétele garnitúrák között ezenkívül nem mutat hasonlóságot. A 678. és a 694. sír két lapból összeállított nagyszíjvégének lapjai egy garnitúrán belül hasonlítanak páronként egymáshoz.

A veretek összetétele szerint összefüggés van a 119. sír egyik kerek veret és a 155. sír egyik griffes

66. TOMKA 1971.
67. A számítógépes értékelés technikai kivitelezésének megkönnyítése érdekében az egyes lelőhelyeket az alábbi kódszámmal láttuk el:
Győr–Téglavető-dűlő: 1. temető
Tiszaderzs: 2. temető
Visznek: 3. temető
Szebény: 4. temető
Homokmégy: 5. temető
Veszprém–Cseri út (Tejüzem): 6. temető
Fejér megyei avar: 7. temető
Várpalota–Bántapuszta: 8. temető
Táp–Borbapuszta: 9. temető
68. TOMKA 1971.
69. Az avarkori temetők hasonló, gócokban történt felosztására következtetett SZENTPÉTERI JÓZSEF a kiskörei és a zsélyi (Želovce) temetők újbóli, tisztán régészeti módszerekkel történt elemzése alapján bölcsészdoktori disszertációjában. Szíves baráti szóbeli közlését és a kéziratba történő bepillantás lehetőségét ezúton is köszönöm.

verete között. Hasonló a 261. és a 268. sír egy-egy griffes, illetve kerek verete is.

Legtöbb sírral mutat kapcsolatot a 838. sír. Igen szoros a kapcsolata a 194. sírral, amelyikhez 2–2 veret (79. és 83. sorszám, illetve 549. és 553. sorszám), egy-egy csüngő (84., illetve 550. sorszám), valamint a csattestek összetételének hasonlósága köti.

Hasonló szoros kapcsolatban áll a 776. sírral. Itt szintén a már említett két veret (549. és 553., illetve 498. és 502. sorszámú), három csüngő (550., 551., 552., illetve 501., 503., 505. sorszámú) és egy-egy kisszíjvég (555., illetve 495. sorszámú) összetételének hasonlósága jelenti a kapcsolatot.

Az 506., 507. és 305. sírok különböző típusú vereteit nem közvetlen hasonlóság, hanem a 194., 776. és 838. sírok vereteivel való kapcsolatuk sorolja egy horizontba.

A dendrogramok alapján a fentiekhez hasonlóan végig víve az összehasonlítást, úgy tűnik, hogy egy szabálytalan hatszög csúcsain ülő 838.–194.–506., 507., 305.–860.–776.–690., 694. sírok alkotnak egy időhorizontot a temetőn belül.

A 694. sír ugyan nem áll a hatszög többi öt csúcsához hasonlóan egy-egy sírral többszörös kapcsolatban, azonban az ott helyet foglaló mindegyik sírhoz kötődik több veret, illetve csüngő összetételének hasonlósága alapján.

Hasonló a helyzet a 860. sírral, amelyiket a csoportban lévő sírok többségéhez szintén egy-egy csüngő, illetve veret hasonlósága kapcsol.

A 690. sír garnitúráját az 506. sírhoz való (fentebb tárgyalt) kapcsolatán kívül a 776. sír lyukvédőihez és a 860. sír egyik veretéhez mutatott hasonlósága alapján tarthatjuk egyidősnek.

Esetleg ide sorolható lehet még a 119. sír Délen, amely a kisszíjvégek hasonló összetétele miatt kapcsolódik az 506. sírhoz. Igen erős kapcsolatot jelentene a bujtató felerősítő szegecseinek és a 776. sír lyukvédőjét felerősítő szegek összetételének hasonlósága. Azonban a szóban forgó lyukvédőről az előzőek során kimutattuk, hogy a garnitúrához való tartozása bizonytalan, így a 119. sír besorolását is erős fenntartással kell kezelnünk.

Hasonló laza szálak fűzik ide a csoport közepén található 545. sírt és rajta keresztül a 119. sírhoz hasonlóan a hatszögből kieső, és attól északra található 678. sírt.

Lazább összefüggések alapján jelölhető ki feltételesen egy másik csoport az 538.–447.–660., 652. sírok alkotta háromszögben.

A felerősítő szegecsek összetételének hasonlósága alapján újabb összefüggő csoportként kezelhetjük a 106.–252.–315. sírhármast, ahol a központi szerepet a 252. sír tölti be, amelynek mindkét másik garnitúrához vannak hasonló összetételű szegecsei. A megállapítás biztonságát rontja, hogy az alapul vett szigorú hasonlósági szinten a 315. és a 106. sír szögecsei nem kapcsolódnak közvetlenül egymáshoz (bár típusuk azonos és már egyetlen fokozottal magasabb hasonlósági szinten egy csoportot is alkotnak).

Mivel a vizsgálatok alapját az öntött garnitúrák képezték, a kevesebb adatot szolgáltató lemezes övszerelékek összefüggéseiből kockázatos lenne messzemenő következtetést levonni. Meggondolkoztató azonban, hogy itt épp a nagyszíjvégek azonos összetétele alapján lehet egy sír-párt (72. és 792.), valamint egy négyes csoportot megállapítani. (278.–471.–226.–324. sírok. A két utóbbi a kisszíjvég és a veretek összetételének hasonlósága alapján kapcsolódik a 278., illetve a 471. sírhoz.)

A győri temetőből megvizsgált ékszerek közül egy esetben találunk két különböző sírban hasonlót, nevezetesen a 210. sír karperecét és az 562. sír fülbevalóját. A többi négy sír leleteinél a hasonlóság az ékszer (karperec, fülbevaló) saját párjával állapítható meg.

3.5.2. *Táp–Borbapuszta* (XVIII–XIX. tábla; 18. ábra)

A tápi temető leleteinek vizsgálata során kapott eredmények egyelőre tájékoztató jellegűek. Eddig az első 64 sír anyagából végeztünk elemzéseket, s mint már az előzőek során említettem, a temetőt a feltárással párhuzamosan, a teljesség igényével kívánjuk feldolgozni.

Az eddigi vizsgálatok azt mutatták, hogy eltérő típusoknak megfelelően az elemzett két garnitúra összetétele is eltér egymástól (XVIII. tábla). Eltérő az övveretek és az ékszerek összetétele is, tehát más anyagból, más technológiával kellett készülniük. Két esetben tapasztalhatunk átfedést az öv szerelékei és az ékszerek között: a 39. sír lyukvédő lemezei és a szíjvégek hátlap lemezei, illetve a 64. sír 1201. sorszámú kis hajkarikája készült hasonló anyagból. A 23. sír 1159. sorszámú öntött fülbevalója pedig a 26. sír csatjához és indás szíjvégéhez hasonló összetételű.

Az ékszerek egymás közti hasonlóságát vizsgálva az eddig más elemzésekkel elvégzett vizsgálatok eredményeihez hasonlóan[70] azt tapasztaltuk, hogy a fülbevalópárok összetétele általában különbözik egymástól. Ez azzal a ténnyel látszik összhangban lenni, hogy az eddig hazánkban talált (kizárólag ékszerek előállítására használt) kőből készített öntőminták különböző típusok egyidejű öntésére szolgáltak,[71] nem pedig azonos típusú párok készítésére (13., 14. ábra).

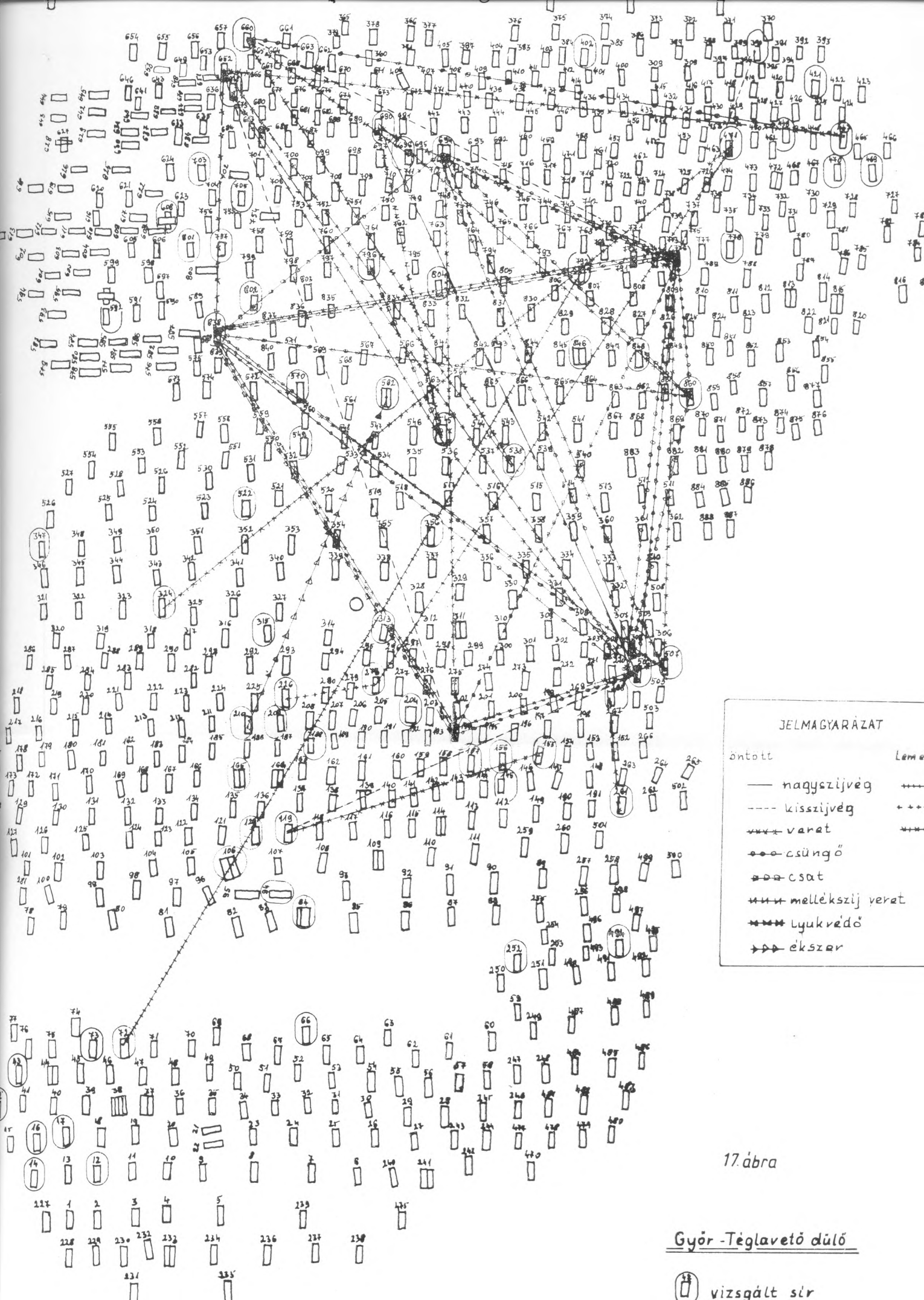
A tápi temetőből eddig megvizsgált fülbevalók, hajkarikák összetételei alapján összefüggés található a 11.–33.–38.–44. és a 48. sír fülbevalói között. A 48. sír fülbevalópárjának egyidejű készítésére alapanyaguk eltérő összetétele ellenére a rájuk szerelt, bordázott bronzlemezkék összetételének azonossága utal.

Újabb csoportokat jelöl ki a 29.–45.–46. sírok, a 49. és az 55. sír, valamint a 30. és a 64. sír közötti kapcsolat (18. ábra).

A 28. sír láthatóan egyedi készítésű, aranyozott fül-

70. FETTICH 1965., U. VANYEK 1967.

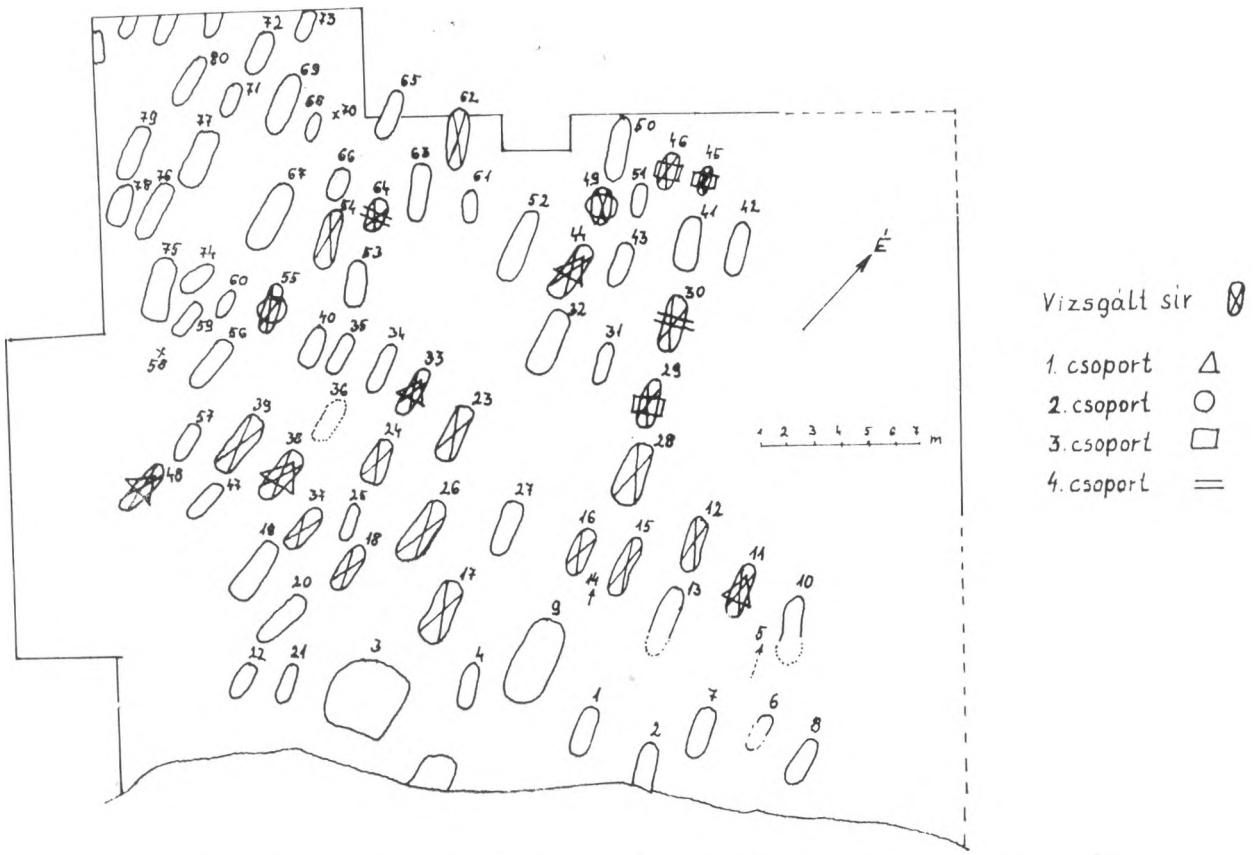
71. CSALLÁNY 1957., TETTAMANTI 1977.



17. ábra

Győr -Téglavető dülő

vizsgált sír



18. ábra. Táp–Borbapuszta. Csoportok az ékszer-összetétel hasonlósága alapján (Alaptérkép: Tomka P.: Arrabona 17. 35. o. 11. á – 1975.)

bevalópárját a számítógépes értékelés során azonos összetételűnek találtuk. Ha magas hasonlósági szinten vizsgáljuk, azt tapasztalhatjuk, hogy az alapkarikák és a rajtuk elhelyezett granuláció gömböcskéi egymáshoz külön-külön még szorosabb azonosságot mutató anyagból készültek.

3.5.3. *Várpalota–Bántapuszta* (XX. tábla)

Várpalotán Cs. Dax Margit 1979-es ásatása során a 4. sírban egy lócsontváz került elő, mellette övgarnitúrával. A közelében lévő 2. sírban egy férficsontváz mellett egy öntött rozetta, egy csüngő és egy pödrött végű bronz karika volt. Feltételezhető volt, hogy a két sír esetleg összetartozik. Elkészítve a leletek összehasonlító dendrogramját az tűnt ki, hogy a két sír leletei nem mutatnak hasonlóságot. (Ezt egyébként a 3. táblázat méretadatai is megerősítik.)

Sikerült viszont megállapítani, hogy a 4. sírban talált kis bronztöredék (1228. sorszámú) minden kétséget kizáróan a csat bujtatójához tartozott.

3.6. *Különböző temetők közötti összefüggések*

Általánosságban megállapíthatjuk, hogy az azonos funkciójú övtartozékok között alig találunk olyat, amelyiknek összetétele megegyezne más temetők hasonló funkciójú veretének, szíjvégének stb. összetételével. A lemezből készült övgarnitúrák között nem is találtunk egymáshoz hasonló összetételű darabokat. Pedig ebben az esetben az egy nagyobb lemezből kinyírt több veret vagy szíjvég összetétele biztosan megadná az egyes temetők összetartozását, azonos korú horizontját. A lemezből készített övtartozékok összetételbeli hasonlósága mindig csak a garnitúrán belüli rokonságra korlátozódik.

Az öntött darabok esetében a néhány hasonló összetételű a szíjvégek, veretek, csüngők, csatok és mellékszíjveretek közül kerül ki. Az öv egyéb öntött tartozékainak elemzése során nem találtunk lelőhelyek közötti összefüggést. Az öntött garnitúrák közül kiemelkedik a tiszaderzsi 25. sír (XI. tábla) és a honiokmégyi 31. sír (XIV. tábla) összefüggése. Ennek a két övnek hasonló összetételű a nagyszíjvége, egy-egy csüngője és a csatja.

A tiszaderzsi 25. sír mindenképpen fontos szerepet tölt be az összehasonlításban, mivel több temető sírjaival is összefüggésbe hozható. Hasonló pl. egyik verete a győri 652. sír egyik veretéhez (VI. tábla), egyik csüngője a győri 690. sír két csüngőjéhez (VII. tábla), két kisszíjvége a szebényi 140. sír két kisszíjvégének egy-egy lapjához (XII. tábla), másik kisszíjvége a viszneki 58. sír egyik liliomos kisszíjvégéhez, a

csat összetétele pedig a homokmégyi 110. sír lemeztestű csatjának bujtatójához.

Az ékszerek tekintetében csak a tápi, a győri és a várpalotai temető leletei között lehetett összehasonlítást tenni, mivel a vizsgálati anyagban csak innen szerepeltek ékszerek. Ily módon a tápi 62. sír önmagában is hasonló összetételű fülbevalópárja (XIX. tábla) áll kapcsolatban a győri 449. sírban talált csipesszel (V. tábla), a 28. sír aranyozott fülbevalópárjának anyaga pedig a győri 696. sír 480. sorszámú nagyobbik karikájának anyagához hasonló.

Az övveretek között fennálló, kiemelten nem tárgyalt többi összefüggés a fentiekhez hasonló, elég laza kapcsolatot mutat az egyes temetők között. Az összehasonlítás alapjául szolgáló hasonlósági szint is elég alacsony (azt szigorítva még kevesebb azonosságot tapasztalhatunk).

Az ilyen módon megállapítható kapcsolatok inkább a technológia azonosságára utalnak, nem pedig az összehasonlításban résztvevő temetők egyes garnitúráinak egy helyen, egy időben történt készítésére.

Biztosabb következtetések levonására a jövőben nagyobb számú összehasonlító anyag bevonására lesz szükség.

3.7. *Római és avar kori bronzok összehasonlítása*

Az avar bronzok alapanyagának kutatásához kívántam adalékokat találni akkor, amikor összehasonlító anyagként bevontam a vizsgálatokba a Fejér megyei római bronzok egy csoportját. Kézenfekvőnek látszott ugyanis az a feltételezés, hogy az avar ötvösök felhasználták a Pannóniában talált és összegyűjtött római kori bronzokat az övveretek, egyéb öntvények elkészítése során. Ennek a feltételezésnek az ellenőrzése céljából összehasonlítottam több, Fejér megyében előkerült római kori bronz tárgy összetételét az avar kori bronzokéval.

Már az egyes alkotóelemek gyakorisági hisztogramjainak értékelése arra engedett következtetni, hogy az újraöntés nem volt általános eljárás. Ha csupán a Fejér megyei avar és római anyagot hasonlítjuk össze, mint azonos területről származó leleteket, a hisztogramok alapján három alapvető különbséget állapíthatunk meg közöttük. A római bronzok a Fejér megyei övgarnitúrákhoz képest több cinket, kevesebb ezüstöt és antimont tartalmaznak. Ezeknek a kísérőelemeknek az ellentétes viselkedése azt jelenti, hogy a római eredetű alapanyagot semmiképpen sem használták fel egyszerű újraolvasztással veretek készítésére. Főként az avar veretek magasabb ezüst- és antimontartalma jelenti az alapvető különbséget. Nagyobb mennyiségű ezüst ugyanis valószínűleg ólommal kerülhet az ötvözetbe, ami római alapanyagot feltételezve nem valószínű, mert a rómaiak által alkalmazott ólomelőállítási, -finomítási technológiák során az értékes ezüstöt kivonták az ércből.[72]

Bár a Fejér megyeieken kívül a többi lelőhelyen szép számmal találhatunk magas cinktartalmú avar bronzot, mégis inkább a rómaiakénál alacsonyabb cinktartalmat tekinthetjük jellemzőnek. Annál is inkább, mivel az utóbbiak esetében jelentkező alacsony cinktartalmú csoportot az érmék alkotják, az újraöntés szempontjából súlyra jelentősebb tömeget pedig az egyéb leletek képviselik, melyek cinktartalma magasabb.[73]

A hisztogramokon alapuló értékelésnél többet mondanak az összehasonlító dendrogramok. Ezekből kitűnik, hogy az avar tárgyakat számszerűleg legreprezentánsabban képviselő öntött veretek és lemezes övgarnitúrák között elvétve akad a római bronzokhoz hasonló összetételű. A két bizánci eredetűnek tartott csaton kívül (I. tábla, 33. sorszám, II. tábla 55. sorszám) túlnyomórészt csak érmék azok a tárgyak, amelyeknek összetétele hasonlít az avar bronzokéhoz.

Az összehasonlítás módszerét tekintve mind a hisztogramok, mind pedig a dendrogramok készítése során úgy jártunk el, hogy az összes római eredetű darabot hasonlítottuk össze az általunk ebből a szempontból szintén egységként kezelt avar leletekkel. (Úgy, amint azt az avar ötvösök is feltételezhetően különösebb válogatás nélkül olvasztották volna egybe a veretek készítéséhez.)

Az alapanyag eredetét kutatva végső soron nem lehet kizárni a „tiszta" fémekből történő ötvözés lehetőségét sem, amit a leletek között található csaknem tiszta réz- és ólomdarabok megléte, illetve az ónnal való bevonás, ónforrasz, ón-ólom ötvezet veretek felerősítésére történő alkalmazása valószínűsítenek. Nem elhanyagolható ebből a szempontból az a korábban tett megállapításunk sem, miszerint az avar öntvényekben az ólom mennyisége valószínűleg nem véletlen érték.

Az antimon főkomponensként jelentkező hiánya viszont arra utal, hogy a vizsgált közösségek tagjai nem művelték a Kárpát-medence antimont tartalmazó ércbányáit, ellentétben a későbbi középkorral, amire a Kovalovszki Júlia által rendelkezésemre bocsátott fémrögök vizsgálata utal (5. táblázat). Ezekben a bronz cseppecskékben kb. azonos arányban vesz részt ötvözőként az ón és az antimon, tehát az ötvözéshez antimonos érceket, illetőleg antimont használtak.

Az eddigi elemzések során nem találtunk ötvözőként értékelhető antimont az őskori, törökkori és a XV. századi leletekben sem.[74]

72. FORBES 1975.
73. Ellentétben U. VANYEK MÁRTA és ERDÉLYI ISTVÁN eredményeivel, akik a basaharci temető vizsgálatakor a „kelta eredetű" ékszereket alacsony cinktartalmúnak találták. – U. VANYEK 1967.
74. Nem található azonban antimon (Sb) a dunántúli XI. századi ékszerleletekben sem (Szőke B. 1975.), így az erdélyi alapanyag általánosabb körű felhasználása (az őskori művelés megszakadása után) legalábbis ezen időpont utánra valószínűsíthető. Itt vetődik fel a gepida hagyományok kérdése is (Fettich 1936.). Meglétük, vagy hiányuk eldöntésére néhány gepida lelet összehasonlító vizsgálata adhat majd választ.

Természetesen ezeket a vizsgálatokat nem tartjuk elegendőnek az alapanyag eredet-kérdésének eldöntésére. Ehhez további leletek vizsgálatára, öntési próbák elvégzésére, ércelemzésekre lesz még szükség.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Első és legfontosabb célkitűzésünknek megfelelően Debrecenben, az MTA Atommag Kutató Intézetében sikerült kidolgozni a röntgenemissziós analízis régészeti célú, rutinszerű alkalmazását. Ezzel olyan módszer áll a jövőben a kutatók rendelkezésére, amellyel a régészeti leletek által támasztott követelményeknek megfelelően roncsolásmentesen, gyorsan lehet akár nagyobb tömegű vizsgálatot is elvégezni. A módszer elvileg minden fémből készült tárgy elemzésére alkalmas, analizálható azonban vele kerámia, üvegszerű anyagok (pl. gyöngyök, kerámia mázak), festékek is.

Az avar kori övgarnitúrák bevonattal ellátott bronz öntvényeinek vizsgálata során bebizonyosodott, hogy a griffes-indás körbe tartozó öntött vereteken az aranyozáson kívül csak ónozást alkalmaztak. Ezüst bevonatot csak a lemezes garnitúrákon találtunk, ott is csak a teljes felületükön bevont veretek, szíjvégek voltak ezüstözve, a szíjfonatot utánzó berakott mintákat ónozással alakították ki.

Az elemi összetételeknek temetőelemzésre történő felhasználására tettünk kísérletet a klaszteranalízis alkalmazásával. Ennek során azt tapasztaltuk, hogy az egyes temetők belső összefüggéseit jó valószínűséggel meg lehet állapítani. A Győr–téglavető-dűlői temető elemzése arra az eredményre vezetett, hogy a temetkezés az egyes periódusokban több, előre kijelölt csoportban, valószínűleg közel egyidőben kezdődhetett.

A különböző temetők összehasonlítását gyakorisági hisztogramok és dendrogramok alapján kíséreltük meg. Ennek az összehasonlításnak az eredménye egyelőre inkább a műhely-kérdés kutatásához szolgál adalékul, amennyiben ennek alapján feltételezhető, hogy nem egy műhely látta el az egész avar birodalmat övveretekkel, hanem valószínűleg több, esetleg nagyobb területet kiszolgáló műhely működött.

Az övveretek felerősítő szegecseinek összehasonlító vizsgálatával sikerült kimutatni, hogy az egyes övgarnitúrák különböző anyagösszetételű veretei is egyidőben lettek felszerelve.

Az ékszerek és az övgarnitúrák ötvözőinek arányát különbözőnek találtuk, amiből arra következtethetünk, hogy más anyagból és más technológiával kellett készülniük.

A római és avar kori bronzok összetételének összehasonlítása arra az eredményre vezetett, hogy az avar ötvösök gyakorlatában még Pannónia egykori területén sem lehetett általános a római kori bronzok újraöntése.

A munkát jelen dolgozattal nem tekintem lezártnak, a jövőben az avar kori bronzok vizsgálatának folytatásán kívül a mérési programot két irányba kívánom kibővíteni. Egyrészt más korszakok tárgyait is bekapcsoljuk a vizsgálatokba, másrészt pedig egyéb fémek, kerámiák, üvegszerű tárgyak, festékek vizsgálatának röntgenemissziós analízises módszerét szeretnénk a külföldi példák nyomán hazánkban is megvalósítani.

Nagyobb memóriakapacitású számítógép bekapcsolása, az adatok értékelésébe több, nagyobb temető teljes igényű feldolgozása, öntési próbák elvégzése, az eredményeket főként a különböző lelőhelyek összekapcsolása, a nyersanyag eredete és a technológia rekonstruálása területén finomíthatja. Igen reménytkeltő ezirányban az a törekvés, amely az MTA Veszprémi Akadémiai Bizottságán belül létrehívta az Iparrégészeti és az Archaeometriai Munkabizottságot. Remélhető, hogy ezek között a keretek között a régészek és a természettudományos szakemberek együttműködése szorosabbá fonódik, a kitűzött célok megvalósítása érdekében, a vitás kérdések eldöntésében szervezettebben és hatékonyabban lehet majd tevékenykedni.

Itt mondok köszönetet mindazoknak, akiknek a közreműködése nélkül ez a munka nem jöhetett volna létre:

Dr. László Gyula professzornak, aki régészeti tanulmányaimat nagy gonddal kísérte figyelemmel, s akinek biztatása elindított e pálya felé.

Dr. Bóna István professzornak, aki az avar kori anyag lehető legteljesebb körű feldolgozására biztatott, s a munka értelmében és sikerében mindvégig bízva jelentős erkölcsi támogatást adott a kollégák bizalmának elnyeréséhez, a valóban minél több leleten elvégezhető vizsgálatok lehetőségéhez.

Az MTA Atommag Kutató Intézete REA-csoportjának, különösképpen dr. Kis Varga Miklósnak és dr. Bacsó Józsefnek, akik a mérések végrehajtását lehetővé tették, saját eredményeik önzetlen rendelkezésemre bocsátásával is segítették munkám sikeres elvégzését.

A NEVIKI Számítástechnikai Csoportjának, név szerint Récsey Zsuzsának és Csapó Zoltánnak, akik a mérési eredmények gépi feldolgozásához szabadidejük egy részének feláldozásával nyújtottak hathatós segítséget.

Dr. Tomka Péternek, Cs. Dax Margitnak, Fülöp Gyulának, F. Petres Évának és dr. Sz. Garam Évának, akik a vizsgálati anyagot rendelkezésemre bocsátották.

Végül, de nem utolsó sorban köszönettel tartozom a Magyar Vegyészeti Múzeum vezetőjének, P. Nagy Sándornak és azon munkatársaimnak, akik segítőkész figyelemmel kísérték munkámat.

KÖLTŐ LÁSZLÓ

IRODALOM

Artamonov 1958.
M. I. Artamonov: Szarkel–Belaja Vezsa = MIA. *62.* 7–84. o. 47. á. (1958.)
Bakay 1973.
Bakay Kornél: Zamárdi = Arch. Ért. *100.* 270. o. (1973.)
Bárdos 1981.
Bárdos Edith: Zamárdi–Rétiföldek = Arch. Ért. 108. 272. old. (1981.)
Bencze 1980.
Bencze Sándor–Morgós András: A Csepel–városi koraavar bronz lószerszámdísz forrasztási módjának vizsgálata röntgenfluoreszcens elemzéssel. = Múzeumi Műtárgyvédelem 7. 48–53. o. (1980.)
Bóna 1971.
Bóna István: A népvándorlás kora Fejér megyében = Fejér megye története I. 221–314. o. (Szfvár., 1971.)
Börzsönyi 1902., 1904., 1905., 1906., 1908.
Börzsönyi Arnold: Győri temető (sírmező) a régibb középkorból = Arch. Ért. XXII. (1902.) 12–24; 128–143 old. XXIV. (1904.) 15–41. old., XXV. (1905.) 16–33. old., XXVI. (1906.) 302–321. old., XXVIII. (1908.) 208–230. old.
Caley 1949.
E. R. Caley: Klaproth as a Pioner in the Chemical Investigation of Antiquites = Journ. of Chem Educ. *26.* (1949.) 248–268. old.
Caley 1967.
E. R. Caley: The Early History of Chemistry in the Service of Archeology = Journ of Chem. Educ. *44.* 120–123. old. (1967.)
Cesareo 1973.
R. Cesareo–S. Sicuti–M. Mirabelli: Nondestructive Analisys of Ancient Bronzes = Studies in Conservation 18. 64–80. old. (1973.)
Cornet
I. Cornet: Corrosion in Archaeology.
Csallány 1956.
Csallány Dezső: Archaeologische Denkmaler der Awarenzeit in Mitteleuropa (Budapest 1956.)
Csallány 1957.
Csallány Dezső: Az átokháza-bilisicsi avar kori sírleletek = Móra Ferenc Múzeum Évkönyve 109–132. old. (1957.)
Csiky 1866.
Csiky József: Néhány régiség vegyelemzése = Magyar Term. tud. Társ. Közlönye *6.* 19. old. (1866.)
Csornüh 1966.
E. N. Csornüh: Isztorija drevnyejsej metallurgii Vosztocsnoj Evropü (Moszkva, 1966.)
Ekbom 1961.
Lars Ekbom: Az ólomtartalom növekedésének hatása a 85–5–5–5-ös vörösötvözet nyomásállóságára = Koh. Lapok – Öntöde *12.* 12. 276–284. p. (1961.)
Fettich 1936.
Marosi Arnold–Fettich Nándor: Dunapentelei avar sírleletek = Arc. Hung. *18.* 77–78. old. (1936.)
Fettich 1943.
Fettich Nándor: Győr a népvándorláskorban (Győr, 1943.) 11–57. old. VIII–XXXVII. tábla.
Fettich 1965.
Fettich Nándor: Das Awarenzeitliche Gräberfeld von Pilismarót–Basaharc. = Stud. Arch. *3.* (1965.)
Fink 1936.
C. G. Fink – E. P. Polushkin: Ókori bronzok és rezek mikroszkópikus vizsgálata = Ref.: Techn. Kurir 7. 10. 6. p. (1936. okt.)
Forbes 1956.
R. J. Forbes: Metallurgy = A History of Technology II. 41–80. old. (Oxford, 1956.)
Forbes 1971.
R. J. Forbes: Studies in ancient Technology VIII. (Leiden, 1971.)
Forbes 1972.
R. J. Forbes: Studies in ancient Technology IX. (Leiden, 1972.)
Garam 1975.
Sz. Garam–Kovrig–Szabó–Török: Avar Finds in the Hungarian National Museum (Budapest, 1975.)
Gegus 1982.
Gegus Ernő–Bakos Miklós–Borszéki János–Óvári Ferenc: Régészeti leletek öseszehasonlító vizsgálata lézer mikroszínképelemzési összetétel meghatározása alapján. (Előadás a II. Iparrégészeti Konferencián – Veszprém, 1982. augusztus 9–11.)
Göbel 1842.
F. Göbel: Ueber den Einfluss der Chemie auf die Ermittelung der Völker der Vorzeit oder Resultate der Chemischen Untersuchung metallischer Alterthümer in besondere der in den Ostseegouvernements vorkommenden, Belunfs der Emittelung der Völker, von Welchen sie abstommen (Ernlagen, 1842.)
Heckenast 1968.
Heckenast–Nováki–Vastagh–Zoltay: A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban. Budapest, (1968.)
Jánoska 1982.
Jánoska Péter: Avar kori ónozott bronzok konzerválása = in.: A kiegészítés, az etika és a természettudományos vizsgálatok kérdései a restaurálásban. III. NRSZ – Veszprém 1981. július 11–20. 88–92. old. (Budapest, 1982.)
Káplár 1975.
Káplár László: I. István király pénzei anyagvizsgálatának eredményei. = in.: „A magyar pénzverés kezdete" c. konferencia előadásai 1973. május 14. = Alba Regia XIV. (1975.) 253–255. old.
Kis Varga 1975.
Kis Varga Miklós: Analitikai vizsgálatok Si/Li röntgenspektrométerrel (A KLTE-hez benyújtott egyetemi doktori értekezés) (Debrecen, 1975.)
Kis Varga 1977.
Kis Varga Miklós–Bacsó József: Az anyag vallatása. Összetételvizsgálat röntgensugárzással. = Élet és tudomány 32. (1977.) 1576–1578., 1642–1643. old.
Kis Varga 1979.
Kis Varga Miklós: A Fundamental Parameter Method for Analysis of Alloys by Isotopeexcited X-Rax Fluorescence. = X-ray Spectrometry Vol. 8. No. 2. (1979.) 73–75. old.
Költő 1980.
Anyagvizsgálat középkori fémtárgyakon. 27–59. ábrák (Az ELTE Bölcsészettudományi Kara Régészeti Tanszékére benyújtott diplomadolgozat – Budapest, 1980.)
Költő 1981.
Költő László–Kis Varga Miklós: Röntgenemissziós analízis késő-avar kori bronztárgyakon = in.: Iparrégészeti kutatások Magyarországon. (Sopron, 1980. VII. 28–30.) MTA–VEAB Értesítője 1981. 165–180. o.
Költő 1982./a.
Költő László–Kis Varga Miklós: Késő-avar bronz öntvények bevonatainak vizsgálata röntgenemissziós analízissel. = in.: A kiegészítés, az etika és a természettudományos vizsgálatok kérdései a restaurálásban. III. NRSZ Veszprém, 1981. július 11–20. 120–133. old. (Budapest, 1982.)
Költő 1982./b.
Költő László–Kis Varga Miklós: The examination of the platings of late Avar bronze casts = Problems of completion, ethics, and scientifical investigation in the restoration. III. IRS–Veszprém, 11–20. 7. 1981. 128–140. p. (Budapest, 1982.)
Krach 1976.
Krach Ernő: Homokfúvásos tisztítási eljárás a múzeumi

gyakorlatban. = Múzeumi Műtárgyvédelem 3. (1976.) 231–234. p.

László 1955.
László Gyula: Etudes archeologiques sur l'historie de la société aes Avars. = Arch. Hung. XXXIV. (1955.) 53–92. old.

László 1956.
László Gyula: A mártélyi avar szíjvégről. = Folia Arch. 8. (1956.) 105–113. old.

László 1970.
László Gyula: A népvándorláskor művészete Magyarországon. (Budapest, 1970.)

Lengyel 1867.
Lengyel Béla: Magyarországon talált néhány bronzrégiség vegyelemzése = Magyar Természettud. Társ. Közlönye 7. 309–310. o. (1867.)

Loczka 1900.
Loczka József jelentése egy Duna fenekéről előkerült régiség elemzéséről = Természettud. Közlöny *32.* 482. o. (1900.)

MRK 1960.
Magyarországi réz- és korabronzkori tárgyak elemzése (Arbeitsgemeintschaft zur spektranalytischen Untersuchung von Metallgegenständen der Kupfer – und Frühbronze zeit – Stuttgart, 1960.). = Magyar Nemzeti Múzeum adattár.

Neuninger 1963.
Heinz Neuninger–Richard Pittioni: Frühmetallzeitlicher kupferhangel im voralpenland. Zur Frage der Herkunft des Ringhorren Kupfers. = Arch. Austriaca 33. Nr. 22. (1963.)

Otto 1952.
H. Otto–W. Witter: Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa (Leipzig, 1952.)

Pittioni 1959.
R. Pittioni: Zweck und Ziel spektralanalytischer Untersuchungen für die Urgeschichte des Kupferbergwesens. = Arch. Austr. 26. (1959.)

Schneider 1975.
Schneider, K.: Eine selbsgebaute Sandstrahlkabine. = Arbeitsbletter für Restauratoren 1975. 1. 12–13. p.

Szabó 1963.
Z. L. Szabó–O. Szakács–K. Zimmer: Spectrografic investigation of Hungarian archeological finds from the Copper and Bronze Age = Talanta *10.*, 521–525. o. (1963.)

Szabó 1974.
Szabó Zoltán: A frank szárnyas lándzsák régészeti és természettudományos vizsgálata. = Diss. Arch. II/3. (1974.)

Szergeeva 1981.
Szergeeva, N. F.: Drevnejsaja metallurgija megyi juga Vosztocsnoj szibiri (Nauka, Novoszibirszk 1981.)

Szegedy 1963.
Szegedy Emil: A bronzkor sarlója = Kohászati Lapok (öntöde) *96.*, 1. 33–40. o. (1963.)

Székely 1968.
Székely Levente: Fémes szerkezeti anyagok és korróziós viselkedésük (Műszaki Kiadó, Budapest 1968.)

Szőke 1976.
Szőke Béla Miklós–Vándor László: Pusztaszentlászló XI. századi temetője (előzetes jelentés). = Zalai gyűjtemények 6. (1976.)

Tettamanti 1977.
Tettamanti Sarolta: Avar kori öntőminta Vácról. = Arch. Ert. 104. (1977.) 79–85. old.

Tomka 1967., 1968., 1969., 1980., 1981.
Tomka Péter: Táp-Borbapuszta = Arch. Ért. *94.*, 227. o. (1967.), *95.*, 135. o. (1968.), *96.*, 260. o. (1969.), *107.*, 250. o. (1980.), *108.*, 272. o. (1981.).

Tomka 1971.
Tomka Péter: A győr–téglavető-dűlői avar temető belső csoportjai. = Arrabona XIII. (1971.) 55–97. old.

Tomka 1972/a.
Tomka Péter: Les groupes intérieurs du cimetiére avar de Győr–Téglavető-dűlő = Acta Orient. Hung. *25.*, 313–334. old. (1972.)

Tomka 1972./b.
Tomka Péter: Adatok a Kisalföld avar kori népességének temetkezési szokásaihoz – Kés a sírban (Arrabona *14.*, 27–75. p. 1972.)

Tomka 1975.
Tomka Péter: Adatok a Kisalföld avar kori népességének temetkezési szokásaihoz II. (Arrabona *17.*, 5–90. o., 1975.)

Tóth 1979.
Tóth József: A Tiszavárkony-hugyinparti avar temető anyagának restaurálása és ötvöstechnikai elemzése = Múzeumi Műtárgyvédelem *6.*, 191–211. o. (1979.)

U. Vanyek 1963., 1964.
U. Vanyek Márta: A basaharci temető ékszerleleteinek spektrográfiai vizsgálata I–II–III. = MTA Régészeti Kutató Csoport adattára (kézirat)

U. Vanyek 1967.
U. Vanyek Márta–Erdélyi István: Színképelemzési vizsgálatok és azok értékelése a pilismarót–basaharci avar kori temető bronztárgyain. = Arch. Ért. 94. 1. (1967.) 97–100. old.

Vaklinov 1977.
Sztancso Vaklinov: Formiranye na sztaro-blgarszkota kultura VI–XI. vek. (Szófia, 1977.) 192–193. old. közötti á.

Zimmer 1962.
Zimmer K.–Szabó Z. L.–Patay P.: Réz és bronzkori régészeti leletek spektrográfiás vizsgálata. = Magyar Kémiai Folyóirat 1962. 12. sz. 515. old.

Zimmer 1972.
Zimmer Károly: Régészeti lelet különböző részeinek azonosítása emissziós színképelemzéssel. = Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei. 11. (1972.) 184–185. old.

1. táblázat

BEVONATVIZSGÁLATOK

Elem		Tisztított felület mérési sorszáma							
		28.		37.		51.		52.	
		tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe	%	—	21,31	—	0,18	0,24	1,40	0,26	0,51
Cu	%	90,30	17,28	92,90	89,34	84,60	73,29	85,98	83,01
Zn	%	2,10	5,86	0,80	2,95	11,55	7,48	10,87	6,29
Pb	%	1,40	4,62	2,50	2,12	1,83	7,74	0,97	4,39
Ag	%	0,30	37,45	0,60	0,61	0,06	0,12	0,07	0,06
Sn	%	5,80	13,47	3,20	4,79	1,72	9,98	1,84	5,73
		57.		58.		59.		73.	
		tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe	%	—	4,41	—	3,05	—	2,84	0,92	8,10
Cu	%	53,35	43,68	64,81	54,65	71,48	52,08	82,01	49,56
Zn	%	1,88	3,13	1,94	2,71	1,73	2,68	0,97	1,84
Pb	%	18,06	17,76	17,29	13,94	12,38	22,60	9,71	15,16
Ag	%	0,23	0,04	0,28	0,11	1,05	0,51	0,54	0,37
Sn	%	26,47	30,99	15,68	25,53	13,36	19,29	5,85	24,96
		74.		75.		81.		86.	
		tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe	%	1,84	2,99	1,10	2.42	0,41	1,46	0,51	2,41
Cu	%	74,90	62,91	81,08	66,23	87,33	73,93	87,46	66,78
Zn	%	—	0,69	—	—	0,13	0,91	0,81	2,32
Pb	%	11,05	13,39	10,68	12,33	6,98	11,16	7,02	10,20
Ag	%	0,58	0,54	1,18	0,96	0,52	0,62	0,34	0,37
Sn	%	11,64	19,48	5,96	18,07	4,62	11,91	3,85	17,92
		87.		128.		129.		130.	
		tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe	%	0,64	2,18	0,51	2,42	0,92	2,73	0,77	4,02
Cu	%	87,38	67,19	84,12	60,33	80,96	60,38	75,12	43,39
Zn	%	—	0,39	2,76	3,14	2,98	2,86	2,84	3,53
Pb	%	5,17	12,24	7,39	15,69	8,17	16,18	9,59	22,27
Ag	%	1,45	1,16	1.58	1,09	2,92	2,36	1,19	1,42
Sn	%	5,36	16,84	3,64	17,34	4,05	15,49	10,49	25,36
		136.		138.		142.		143.	
		tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe	%	0,25	21,90	1,39	1,01	0,27	1,72	0,44	4,78
Cu	%	91,56	15,40	70,09	74,17	84,52	65,17	83,01	45,60
Zn	%	2,31	6,10	9,53	9,28	2,56	2,72	1,80	3,24
Pb	%	2,05	4,90	11,79	8,81	8,71	20,00	8,51	26.44
Ag	%	0,94	37,60	0,04	0,05	0,09	0,09	0,41	0,73
Sn	%	2,90	12,10	7,15	6,68	3,84	10,30	5,83	19,20
		173.		174.		175.		245.	
		tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe	%	0,81	2,25	0,74	1,76	0,57	1,26	0,31	0,83
Cu	%	79,06	72,51	81,64	74,44	81,79	75,90	90,19	84,83
Zn	%	3,12	4,38	2,67	4,10	3,36	3,48	3,52	3,46
Pb	%	1,44	2,33	1,53	2,25	1,22	2,77	1,80	2,71
Ag	%	0,55	0,59	0,37	0,47	0,35	0,51	0,73	0,69
Sn	%	15,02	17,94	13,05	16,99	12,72	16,08	3,45	7,48

1. táblázat folytatása

BEVONATVIZSGÁLATOK

Elem	Tisztított felület mérési sorszáma							
	252.		253.*		253.*		280.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,58	1,21	1,46	4,71		5,00	0,85	2,34
Cu %	83,44	74,93	76,61	54,04		51,52	86,35	65,48
Zn %	7,51	6,86	—	1,33		1,54	0,08	0,60
Pb %	1,97	2,29	5,56	3,70		3,92	2,57	2,73
Ag %	0,12	0,16	0,53	1,16		1,17	0,30	0,34
Sn %	6,38	14,55	15,85	35,06		36,85	9,84	28,51
	300.**		300.**		300.**		300.**	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,68	0,97		1,19		1,15		0,95
Cu %	83,59	79,80		78,66		78,79		77,02
Zn %	2,02	2,40		2,00		2,47		2,71
Pb %	4,22	4,13		5,21		4,94		5,51
Ag %	0,21	0,21		0,22		0,26		0,24
Sn %	9,29	12,48		12,72		12,40		13,56
	309.		325.		328.		351.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,60	0,69	0,66	1,31	0,49	1,82	3,58	4,45
Cu %	85,86	84,01	83,94	72,93	81,09	67,91	53,40	44,09
Zn %	0,38	0,51	3,24	3,87	7,49	7,95	0,23	1,03
Pb %	5,08	4,15	2,39	4,66	4,96	10,20	12,46	12,42
Ag %	0,30	0,24	0,08	0,12	0,07	0,15	0,18	0,25
Sn %	7,78	10,39	9,69	17,11	5,90	11,98	30,15	37,75
	364.		393.		394.		395.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,76	2,20	0,87	1,93	1,99	2,58	1,69	2,32
Cu %	83,53	59,27	83,88	70,57	71,35	64,60	73,98	65,43
Zn %	2,23	2,61	—	0,61	0,19	0,57	0,43	0,43
Pb %	8,99	31,71	4,15	6,23	6,83	7,54	8,57	6,09
Ag %	0,67	0,41	0,32	0,23	0,30	0,28	0,53	0,37
Sn %	3.81	3.78	10,77	20,43	19,34	24,43	14,78	25,36
	396.		397.		398.		399.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,75	2,88	1,18	3,43	1,54	2,78	2,72	2,93
Cu %	85,57	61,26	80,65	56,27	76,52	61,54	62,21	61,35
Zn %	—	0,71	—	1,06	0,17	0,69	0,47	0,61
Pb %	3,82	5,77	4,19	6,08	7,88	7,74	10,86	6,76
Ag %	0,37	0,30	0,31	0,25	0,61	0,43	0,44	0,32
Sn %	9,49	29,08	13,67	32,90	13,28	76,82	23,30	28,02

* Ugyanazon nagyszíjvég két oldala

** Ugyanazon nagyszíjvég két oldalának több pontja

1. táblázat folytatása

BEVONATVIZSGÁLATOK

Elem	Tisztított felület mérési sorszáma							
	467.*		468.		469.		470.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,78	1,93	0,42	1,92	0,92	2,00	0,65	2,92
Cu %	83,54	75,06	82,49	70,65	76,32	68,75	81,73	63,97
Zn %	1,70	2,05	1,59	2,23	1,92	2,14	1,97	2,67
Pb %	0,93	1,80	0,75	1,51	0,84	1,24	0,71	1,42
Ag %	0,27	0,89	0,35	0,93	0,22	0,57	0,16	1,09
Sn %	12,79	18,27	14,40	22,76	19,78	25,31	14,78	27,92
	471.		472.		473.		475.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,55	4,52	0,69	1,93	0,62	2,01	0,66	1,89
Cu %	82,45	59,56	80,71	68,35	81,12	72,66	82,79	73,94
Zn %	1,61	3,67	1,66	2,43	2,03	2,41	1,69	1,88
Pb %	0,95	2,18	0,65	2,11	0,52	0,85	0,67	1,01
Ag %	0,26	2,52	0,21	0,98	0,20	0,84	0,36	0,97
Sn %	14,19	27,56	16,08	25,20	15,51	21,23	13,83	20,31
	476.		478.		506.		542.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,42	4,36	0,53	0,50	1,34	4,64	0,60	1,28
Cu %	83,01	60,16	79,40	81,31	77,23	45,70	79,86	75,10
Zn %	1,56	2,84	15,16	12,83	1,42	2,23	2,48	3,01
Pb %	0,89	1,60	1,93	1,92	8,87	19,21	10,74	7,67
Ag %	0,22	1,10	0,07	0,07	0,19	0,31	1,57	1,44
Sn %	13,90	29,94	2,91	3,37	10,95	27,92	4,76	11,51
	566.		567.		568.		569.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	0,81	3,16	0,53	2,21	1,46	3,66	2,88	4,39
Cu %	89,55	84,69	80,24	66,25	73,41	58,51	55,04	49,83
Zn %	2,19	2,58	2,07	2,25	3,66	4,06	2,48	2,84
Pb %	3,30	4,95	12,16	14,65	12,87	16,89	20,56	17,54
Ag %	0,82	0,76	0,05	0,03	0,30	0,21	—	—
Sn %	3,33	3,86	4,96	14,61	8,30	16,67	19,05	25,41
	573.		574.		589.**		589.**	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	1,16	2,90	1,17	3,67	0,39	2,31		3,41
Cu %	75,78	60,18	77,27	52,08	81,33	66,49		66,00
Zn %	2,11	2,70	3,85	3,60	—	1,28		1,15
Pb %	8,21	11,73	6,69	15,69	6,19	17,27		16,60
Ag %	0,15	0,16	0,12	0,20	1,25	1,39		1,25
Sn %	12,60	22,34	10,89	24,76	10,84	11,26		11,58

* A 467–478. sorszámú darabok aranyozottak

** Ugyanazon kisszívég két oldala

1. táblázat folytatása

BEVONATVIZSGÁLATOK

Elem	Tisztított felület mérési sorszáma							
	776.		778.		732.***		732.***	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	1,36	4,35	1,82	3,48	1,11	3,50		4,73
Cu %	76,34	44,70	67,38	56,08	76,68	48,48		36,58
Zn %	3,75	3,43	2,50	2,41	3,44	3,67		3,55
Pb %	10,65	27,99	17,26	18,47	10,15	28,84		36,46
Ag %	0,81	0,78	0,56	0,51	0,66	0,69		0,57
Sn %	7.10	18,74	10,47	19,13	7,97	14,83		18,11
	783.		959.****		959.****		970.	
	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás	tiszta	patinás
Fe %	1,42	3,25	0,47	1,85		2,57	—	0,52
Cu %	77,76	54,39	89,10	81,38		79,03	48,64	42,83
Zn %	1,17	1,87	0,82	4,81		3,77	1,32	2,81
Pb %	7,29	15,45	5,27	5,03		6,73	19,22	41,89
Ag %	0,34	0,42	0,59	0,12		0,15	1,88	0,79
Sn %	12,01	24,62	3.75	6,81		7,75	28,94	11,17
	972.		974.					
	tiszta	patinás	tiszta	patinás				
Fe %	—	0,88	—	5,62				
Cu %	60,93	33,27	59,77	47,63				
Zn %	3,93	3,82	3,53	1,69				
Pb %	23,81	54,31	14,91	34,38				
Ag %	0,92	0,67	1,96	0,98				
Sn %	10,42	7,04	19,83	9,70				

*** Ugyanazon kisszíjvég két oldala

**** Ugyanazon nagyszíjvég két oldala

2/a táblázat

RÓMAI ÉRMEK

Mérés sor-száma	Megnevezés	Összetétel (%)					
		Fe	Cu	Zn	Pb	Ag	Sn
13.	II. Constantius, v. Gratianus 341–346	—	89,66	0,40	6,76	0,39	2,79
104.	Theodosius 383–392 LRBC[2] 1854	0,60	84,74	1,96	10,96	0,16	1,57
105.	Gratianus	23,37	46,32	1,37	28,89	—	1,05
106.	II. Constantius 346–50 LRBC[2] 1133	0,46	88,65	1,16	6,14	0,27	3,32
140.	Urbs Roma 333–37 Coh[2] 17	0,26	86,50	1,86	7,30	0,70	3,38
141.	Valentinianus 367–75 LRBC 1333	—	93,44	1,28	4,32	0,05	0,90
146.	Valentinianus 364–375 Coh[2] 12	0,28	90,98	0,39	5,26	0,13	2,96
180.	Valens 364–78 Coh[2] 47	0,17	89,29	1,30	8,00	0,07	1,18
250.	Nerva 97	—	86,28	9,85	1,33	0,11	2,42
321.	Constantius dinasztia 337–361	0,38	81,80	1,67	14,02	0,32	1,80
323.	II. Constantius 346–61	—	85,47	0,17	7,59	1,17	5,61
324.	Constantius dinasztia IV. sz. közepe	0,23	78,86	0,90	19,32	—	0,69
330.	IV. század, talán 340 után	0,21	92,88	1,67	1,64	0,90	2,69
331.	IV. század, talán 340 után	—	94,92	1,41	2,76	0,06	0,85
525.	Valentinianus 364–375 Coh[2] 37	0,12	94,32	1,58	2,98	0,11	0,90
526.	II. Constantius, v. Constans 323–361	—	93,48	1,97	1,14	0,79	2,63
543.	Constantinus 335–337	—	76,65	0,20	9,57	0,03	13,55

2/b táblázat

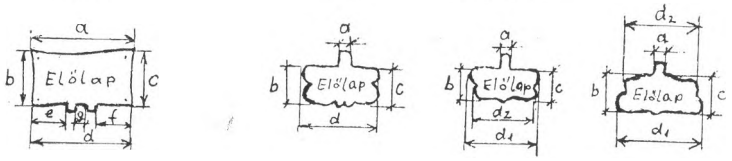
EGYÉB RÓMAI (BIZÁNCI) EREDETŰ TÁRGYAK

Mérés sor-száma	Megnevezés	Összetétel (%)					
		Fe	Cu	Zn	Pb	Ag	Sn
33.	Bizánci jellegű csat	0,44	87,68	0,30	3,06	0,22	8,00
55.	Bizánci jellegű csat	0,74	87,99	0,85	2,12	0,15	8,15
179.	Fibula	1,29	84,48	7,01	1,02	0,07	6,14
233.	Csüngő	0,63	76,86	20,16	0,76	0,07	1,52
235.	Szíjvég töredék	0,86	72,58	1,90	8,12	0,30	16,24
236.	Lyukas lemez	1,01	79,18	12,80	2,96	0,05	4,01
332.	Bizánci jellegű csat	1,13	83,24	2,88	2,44	0,22	10,10
381.	Csuklós szíjvég – tömör része	1,02	74,86	8,13	7,85	0,05	8,07
382.	Csuklós szíjvég – lemezes része	1,05	75,07	9,83	1,68	0,11	12,27
484.	Fibula	—	72,62	3,06	11,63	0,15	12,53
485.	Áttört bronz dísz	—	63,73	5,99	17,41	0,14	12,73
486.	Csengő	—	75,43	1,02	3,22	0,13	20,20
489.	Stílus-tű	—	86,51	5,43	0,79	0,10	7,17
490.	Szíjvég	—	80,70	15,08	3,91	0,11	0,19
527.	Horog	0,49	82,39	12,65	0,56	0,07	3,85
528.	Fibula töredék	0,64	85,31	8,45	0,52	0,09	4,99
529.	Fibula töredék	0,57	75,17	15,54	7,79	0,04	0,89
530.	Fibula töredék	0,63	81,21	7,54	6,17	0,39	4,06
531.	Fibula tű	0,83	92,66	1,98	1,15	0,10	3,23
532.	Gombos-tű	—	80,32	16,88	0,85	0,17	1,77

3. táblázat

Griffes veretek méretei (mm)

Jelölés: veret csüngő



PÁKOZD–BORGÓNDPUSZTA 8. SÍR
(XV. TÁBLA)

Méret-jel	Sorszám						
	1057	1058	1059	1060*	1062	1063	1064
a	36,5	36,5	36,3	?	35,6	36,6	3,2
b	25,0	24,9	24,8	24,9	24,6	25,6	16,6
c	24,3	24,1	24,2	24,0	24,3	24,3	16,0
d	34,9	34,7	34,7	?	34,9	35,0	27,7
e	13,4	13,0	12,9	12,4	13,1	12,6	—
f	12,6	12,2	12,5	11,9	11,8	12,5	—
g	5,5	5 5	5.6	?	5.0	5,7	—

* A veret törött, ezért az a, d, g adatok nem határozhatók meg egyértelműen

MARTONVÁSÁR 1. SÍR (XV. TÁBLA)*

Méret-jel	Sorszám		
	1022	1023	1024
a	34,4	37,6	3,8
b	22,2	25,2	15,2
c	22,2	25,5	14,1
d	34,4	37,6	25,5
e	11,3	13,5	—
f	12,4	13,1	—
g	5.5	5.1	—

* A méretkülönbségnek megfelelően a két veret összetétele sem azonos, azonos viszont az 1023-as veret és a hozzá tartozó 1024-es csüngő összetétele

SUKORÓ–GÁDEI HATÁR (XV. TÁBLA)**

Méret-jel	Sorszám				
	1080	1081	1082	1083	1084
a	31,5	32,4	32,4	32,3	1,9
b	24,0	22,5	22,6	22,9	13,5
c	25,0	22,6	22,4	22,4	13,3
d	31,6	32,8	32,4	32,6	23.2
e	10,6	11,8	11,4	11,8	—
f	10,6	11,5	11,4	10,3	—
g	5.7	6.1	6,5	5,9	—

* Az 1080., 1081., 1082. veretek hátlapja szövetlenyomatos, az 1083., 1084. veret, illetve csüngő hátlapján nem látszik szövetlenyomat.

VÁRPALOTA–BÁNTAPUSZTA 2. ÉS 4. SÍR (XX. TÁBLA)

Méret-jel	Sorszám											
	1208	1209	1254	1204	1205	1206	1225	1240	1241	1217	1213	1224*
a	37,9	4,0	3,5	38,5	37,8	2,9	3,6	37,8	2,9	39,3	39,2	38,8
b	26,6	15,6	17,6	25,7	26,6	14,9	17,0	26,2	16,6	26,9	26,0	26,4
c	26,5	14,6	17,1	26,5	23,5	14,4	16,9	26,0	15,5	26,0	26,1	26,3
d	37,8	d_1 24,3 d_2 22,9	27,9	38,5	37,4	d_1 24,2 d_2 21,9	28,0	38,3	d_1 26,5 d_2 25,3	39,5	39,2	38,1
e	13,0	—	—	12,7	12,3	—	—	10,8	—	12,9	12,5	(10,8) ?
f	15,7	—	—	15,9	15,4	—	—	11,3	—	15,6	15,3	(14,5) ?
g	3,9	—	—	3,6	4,0	—	—	3,9	—	3,8	3,6	?

* Az 1224. sz. veret függesztő része kitörött, ezért az e, f, g adatok bizonytalanok, illetve nem mérhetők.

4. táblázat

SZEGECS-VIZSGÁLATOK

Elem		Szegecs sorszáma							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Fe	%	—	—	—	—	—	—	—	—
Cu	%	94,99	90,89	98,00	90,50	98,54	98,02	98,12	98,30
Zn	%	0,62	0,72	—	—	—	—	—	—
Pb	%	4,28	7,96	1,76	9,06	1,23	1,80	1,70	1,46
Ag	%	0,11	0,31	0,23	0,45	0,24	0,18	0,18	0,24
Sn	%	—	—	—	—	—	—	—	—
		9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Fe	%	0,03	—	—	—	0,40	0,49	0,25	0,21
Cu	%	97,20	98,18	88,24	95,21	88,54	88,00	88,09	87,38
Zn	%	—	—	—	—	9,71	9,32	8,83	9,60
Pb	%	2,54	1,59	11,46	4,56	1,22	1,03	1,71	2,65
Ag	%	0,23	0,23	0,30	0,22	0,14	0,16	0,13	0,16
Sn	%	—	—	—	—	—	—	—	—
		18.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
Fe	%	0,40	—	—	0,40	0,22	0,29	—	0,02
Cu	%	88,37	97,41	95,11	89,69	89,09	88,85	98,94	99,16
Zn	%	9,51	—	—	8,27	9,37	9,89	—	—
Pb	%	1,61	2,22	4,46	1,48	1,18	0,83	0,96	0,70
Ag	%	0,11	0,37	0,43	0,16	0,13	0,14	0,10	0,12
Sn	%	—	—	—	—	—	—	—	—
		26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.
Fe	%	—	—	—	—	—	—	—	—
Cu	%	99,17	95,73	95,90	98,73	98,75	97,75	99,19	96,96
Zn	%	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb	%	0,71	2,64	2,53	1,14	1,12	2,01	0,63	2,88
Ag	%	0,13	1,63	1,56	0,13	0,13	0,22	0,13	0,16
Sn	%	—	—	—	—	—	—	—	—
		34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.
Fe	%	0,09	—	0,35	0,18	0,16	0,03	0,05	0,20
Cu	%	99,45	99,26	91,81	85,62	90,02	91,09	91,61	83,59
Zn	%	—	—	5,03	4,92	5,04	5,54	5,26	4,40
Pb	%	0,25	0,51	2,66	9,13	4,64	3,23	2,98	11,95
Ag	%	0,20	0,22	0,15	0,15	0,13	0,11	0,11	0,07
Sn	%	—	—	—	—	—	—	—	—
		42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.
Fe	%	0,05	—	—	—	0,09	0,10	—	—
Cu	%	91,05	90,64	90,14	90,00	92,18	90,80	91,57	92,33
Zn	%	5,51	6,32	6,12	4,95	4,95	5,40	5,32	4,83
Pb	%	3,27	2,92	3,65	4,92	2,66	3,58	2,97	2,74
Ag	%	0,12	0,13	0,09	0,13	0,12	0,12	0,14	0,11
Sn	%	—	—	—	—	—	—	—	—

1–12: 315. sír, 13–24: 776. sír – 25–33: 252. sír, 34: 72. sír – 35: 106. sír, 36, 37: 120. sír – 1–60: Győr–Téglavető-dűlő

4. táblázat folytatása

SZEGECS-VIZSGÁLATOK

Elem	Szegecs sorszáma							
	50.	51.	52.	53.	54.	57.	58.	59.
Fe %	0,09	—	0,07	—	—	—	—	—
Cu %	91,06	90,40	90,30	97,21	97,20	99,29	99,48	99,54
Zn %	5,22	5,44	5,24	—	—	—	—	—
Pb %	3,51	4,06	4,30	2,30	2,22	0,57	0,40	0,36
Ag %	0,11	0,10	0,09	0,49	0,57	0,14	0,12	0,10
Sn %	—	—	—	—	—	—	—	—
	60.	55.	56.	57.	58.	59.	60.	61.
Fe %	0,09	0,20	0,28	0,18	0,22	0,13	0,12	0,11
Cu %	99,14	96,09	95,80	95,74	95,85	95,93	96,17	96,92
Zn %	—	1,89	1,78	2,23	1,85	1,00	1,45	0,76
Pb %	0,63	0,53	0,72	0,44	0,56	0,51	0,55	0,95
Ag %	0,15	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,58
Sn %	—	1,25	1,37	1,38	1,48	1,38	1,67	0,68
	62.	63.	64.	65.	66.	67.	68.	69.
Fe %	0,07	0,12	0,10	0,05	0,20	0,17	0,27	0,06
Cu %	97,48	96,21	97,19	97,49	96,87	96,92	94,96	97,58
Zn %	0,68	0,58	0,65	0,38	0,41	0,49	0,49	0,55
Pb %	0,28	1,58	0,40	0,36	1,00	0,91	3,23	0,44
Ag %	0,70	0,62	0,67	0,80	0,70	0,71	0,57	0,61
Sn %	0,79	0,89	0,99	0,93	0,82	0,80	0,48	0,75
	70.	71.	72.	73.	74.	75.	76.	77.
Fe %	0,42	0,15	0,13	0,21	0,14	0,52	0,44	0,06
Cu %	96,36	95,76	96,53	96,49	92,15	93,82	96,29	98,77
Zn %	0,27	0,64	0,42	0,56	0,38	0,26	0,56	0,40
Pb %	1,26	2,35	1,22	0,91	1,67	3,13	1,69	0,13
Ag %	0,77	0,48	0,81	0,91	0,94	0,11	0,10	0,09
Sn %	0,93	0,63	0,89	0,93	4,73	2,15	0,92	0,51
	78.	79.	80.	81.	82.	82.	83.	84.
Fe %	0,43	0,12	0,11	0,22	—	0,20	0,23	0,12
Cu %	95,84	97,24	97,23	96,71	96,28	95,78	95,00	96,84
Zn %	0,70	0,51	0,46	0,62	0,30	0,83	0,24	0,31
Pb %	1,18	1,23	0,52	0,90	1,17	1,14	1,57	1,03
Ag %	0,94	0,90	0,81	0,70	0,31	0,75	0,92	0,84
Sn %	0,91	1,01	0,87	0,86	1,44	1,20	2,04	0,86
	85.	86.	87.	88.	89.	90.	91.	92.
Fe %	0,09	0,63	0,13	0,49	0,40	0,25	0,09	0,11
Cu %	96,33	92,54	92,61	93,39	93,70	96,28	96,94	96,89
Zn %	0,76	0,54	0,57	0,72	0,63	0,73	1,00	1,04
Pb %	1,09	4,05	3,82	3,94	3,47	0,89	0,32	0,34
Ag %	0,75	0,14	0,15	0,12	0,15	0,87	0,73	0,76
Sn %	0,98	2,11	2,73	1,34	1,65	0,97	0,91	0,86

38–52: 155. sír – 53, 54: 119. sír – 55–60: 838. sír – 61–138: Várpalota–Bántapuszta 4. sír

4. táblázat folytatása

SZEGECS-VIZSGÁLATOK

Elem	Szegecs sorszáma							
	93.	94.	95.	96.	97.	98.	99.	100.
Fe %	0,20	0,03	—	—	—	0,45	0,15	0,22
Cu %	96,47	96,57	96,19	96,61	97,28	96,25	97,66	97,35
Zn %	0,70	0,81	0,79	0,97	0,85	1,13	—	—
Pb %	0,77	0,77	1,06	0,82	0,49	0,45	0,25	0,25
Ag %	0,84	0,86	0,84	0,83	0,69	0,81	0,70	0,85
Sn %	1,02	0,95	1,12	0,77	0,68	0,91	1,25	1,32
	101.	102.	103.	104.	105.	106.	107.	108.
Fe %	0,06	0,21	—	—	—	—	—	—
Cu %	96,15	96,83	96,59	96,30	96,14	97,23	96,74	97,53
Zn %	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb %	1,46	1,08	0,85	1,36	—	—	0,65	0,55
Ag %	0,68	0,76	0,97	0,81	1,10	0,84	0,88	0,83
Sn %	1,66	1,12	1,59	1,53	2,76	1,93	1,73	1,08
	109.	110.	111.	112.	113.	114.	115.	116.
Fe %	—	—	0,18	0,13	—	—	—	0,18
Cu %	97,38	97,33	98,28	98,54	97,21	97,28	97,16	97,37
Zn %	—	—	—	0,10	0,25	0,47	0,61	0,52
Pb %	—	—	0,31	0,25	1,03	0,69	1,04	0,90
Ag %	0,90	1,19	0,15	0,13	0,14	0,18	0,30	0,31
Sn %	1,73	1,48	1,08	0,84	1,37	1,38	0,88	0,72
	117.	118.	119.	120.	121.	122.	123.	124.
Fe %	—	—	0,39	0,42	0,39	0,19	—	—
Cu %	96,72	96,52	92,83	93,83	94,89	94,70	96,14	96,15
Zn %	0,65	0,94	1,38	1,28	1,18	0,75	1,01	1,55
Pb %	1,66	0,59	3,95	2,93	1,52	1,89	0,68	0,47
Ag %	0,26	0,82	0,65	0,87	0,98	1,06	1,01	0,29
Sn %	0,71	1,13	0,79	0,67	1,05	1,41	1,16	1,53
	125.	126.	127.	128.	129.	130.	131.	132.
Fe %	—	0,12	0,16	0,31	—	0,39	—	0,10
Cu %	97,73	97,70	96,13	95,29	96,10	95,98	96,20	95,88
Zn %	1,43	1,30	1,15	1,08	1,49	1,26	0,95	1,50
Pb %	0,21	0,25	0,79	1,32	0,51	0,69	0,55	0,52
Ag %	0,07	0,07	0,83	0,81	0,81	0,85	1,13	1,02
Sn %	0,56	0,56	0,94	1,18	1,09	0,83	1,16	0,98
	133.	134.	135.	136.	137.	138.		
Fe %	0,09	—	—	0,87	1,12	1,02		
Cu %	96,17	98,28	96,66	97,23	94,84	96,03		
Zn %	1,29	1,11	1,25	—	—	—		
Pb %	0,51	0,10	0,45	1,82	4,02	2,63		
Ag %	0,98	0,22	0,74	0,08	0,12	0,32		
Sn %	0,97	0,30	0,90	ny	ny	ny		

Szegecs sorszáma	Lelet leltári száma
1.	53.278.422.2
2.	
3.	53.278.424.1
4.	
5.	53.278.424.6
6.	
7.	53.278.423
8.	
9.	
10.	53.278.422.4
11.	
12.	53.278.422.1
13.	
14.	53.278.907.1
15.	
16.	53.278.907.2
17.	53.278.907.3
18.	
19.	53.278.907.4
20.	
21.	53.278.909
22.	
23.	53.278.910
24.	
25.	
26.	53.278.338.1
27.	
28.	53.278.338.2
29.	53.278.338.3
30.	
31.	53.278.338.4
32.	
33.	53.278.338.5
34.	53.278.82
35.	53.278.161
36.	
37.	53.278.184
38.	
39.	
40.	53.278.228.1
41.	
42.	
43.	
44.	53.278.228.2
45.	

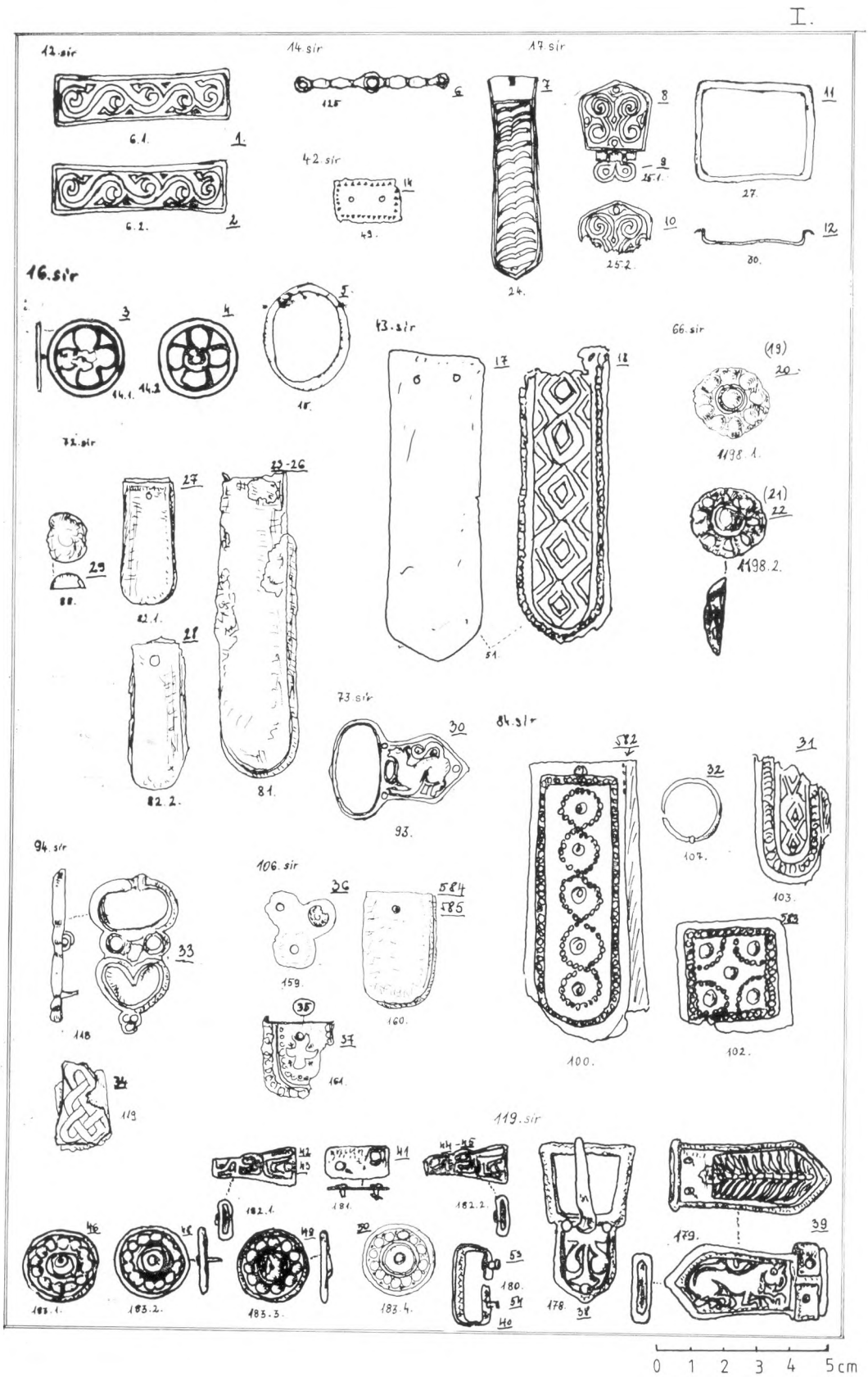
Szegecs sorszáma	Lelet leltári száma
46.	
47.	
48.	53.278.228.3
49.	
50.	
51.	53.278.227
52.	
53.	
54.	53.278.180
55.	
56.	53.278.1044.1
57.	
58.	53.278.1044.2
59.	
60.	53.278.1047
61.	VBM 80–283.
62.	
63.	VBM 80–298.
64.	
65.	
66.	VBM 80–262.
67.	
68.	VBM 80–273.
69.	
70.	VBM 80–278.
71.	
72.	VBM 80–273.
73.	VBM 80–288.
74.	VBM 80–258.
75.	
76.	VBM 80–271.
77.	
78.	
79.	VBM 80–267.
80.	
81.	
82.	VBM 80–270.
83.	
84.	
85.	VBM 80–285.
86.	
87.	
88.	VBM 80–294.
89.	

Szegecs sorszáma	Lelet leltári száma
90.	
91.	
92.	VBM 80–276.
93.	
94.	
95.	VBM 80–274.
96.	
97.	
98.	
99.	VBM 80–286.
100.	
101.	
102.	VBM 80–289.
103.	
104.	
105.	VBM 80–266.
106.	
107.	
108.	VBM 80–272.
109.	
110.	VBM 80–292.
111.	
112.	
113.	VBM 80–282.
114.	
115.	
116.	VBM 80–264.
117.	
118.	
119.	VBM 80–281.
120.	
121.	
122.	
123.	VBM 80–277.
124.	
125.	
126.	VBM 80–284.
127.	
128.	
129.	VBM 80–291.
130.	
131.	
132.	
133.	VBM 80–279.
134.	
135.	VBM 80–275.
136.	
137.	VBM 80–287.
138.	

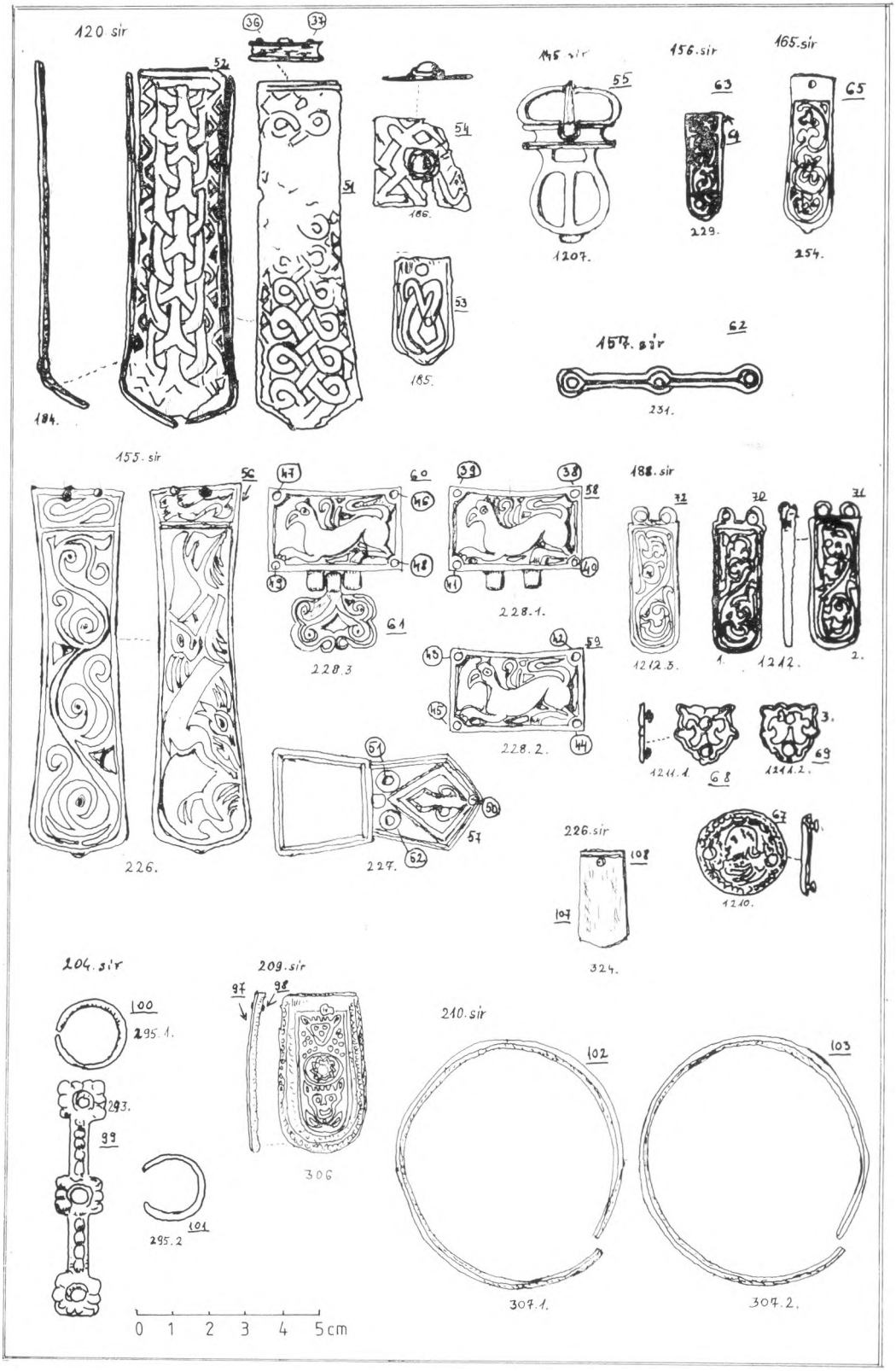
5. táblázat

ÁRPÁD-KORI BRONZRÖGÖK TÁJÉKOZTATÓ ELEMZÉSE

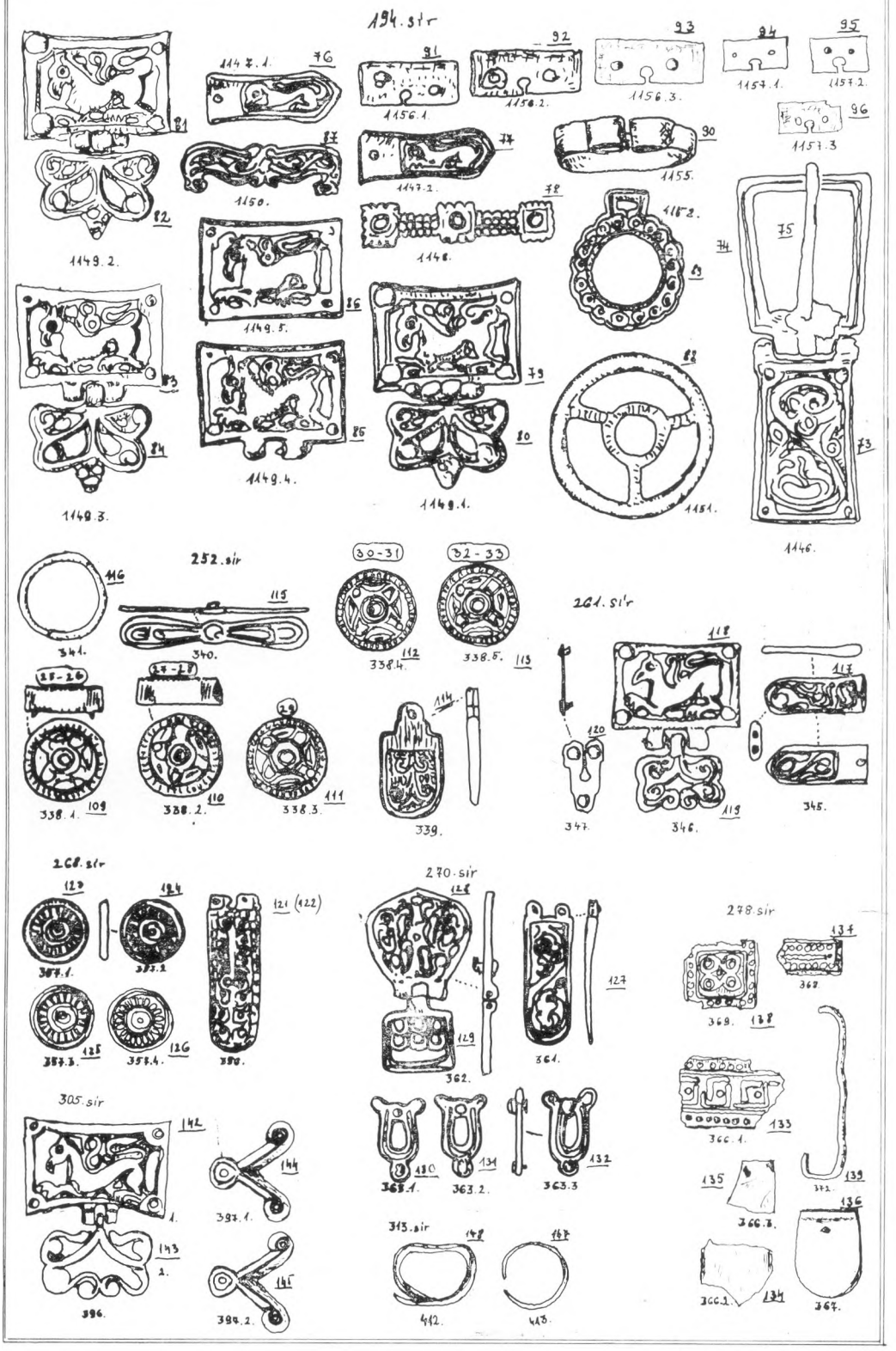
Megnevezés	Összetétel (%)						
	Fe	Cu	Zn	Pb	Ag	Sn	Sb
MNM 59.30.87. lsz. csiszolt bronzrög	—	73,2	—	4,0	—	22,2	0,7
2. sz. bronzrög	2,5	65,3	—	6,6	0,2	13,6	11,9
3. sz. bronzrög	2,9	68,4	—	6,1	0,2	11,5	10,9

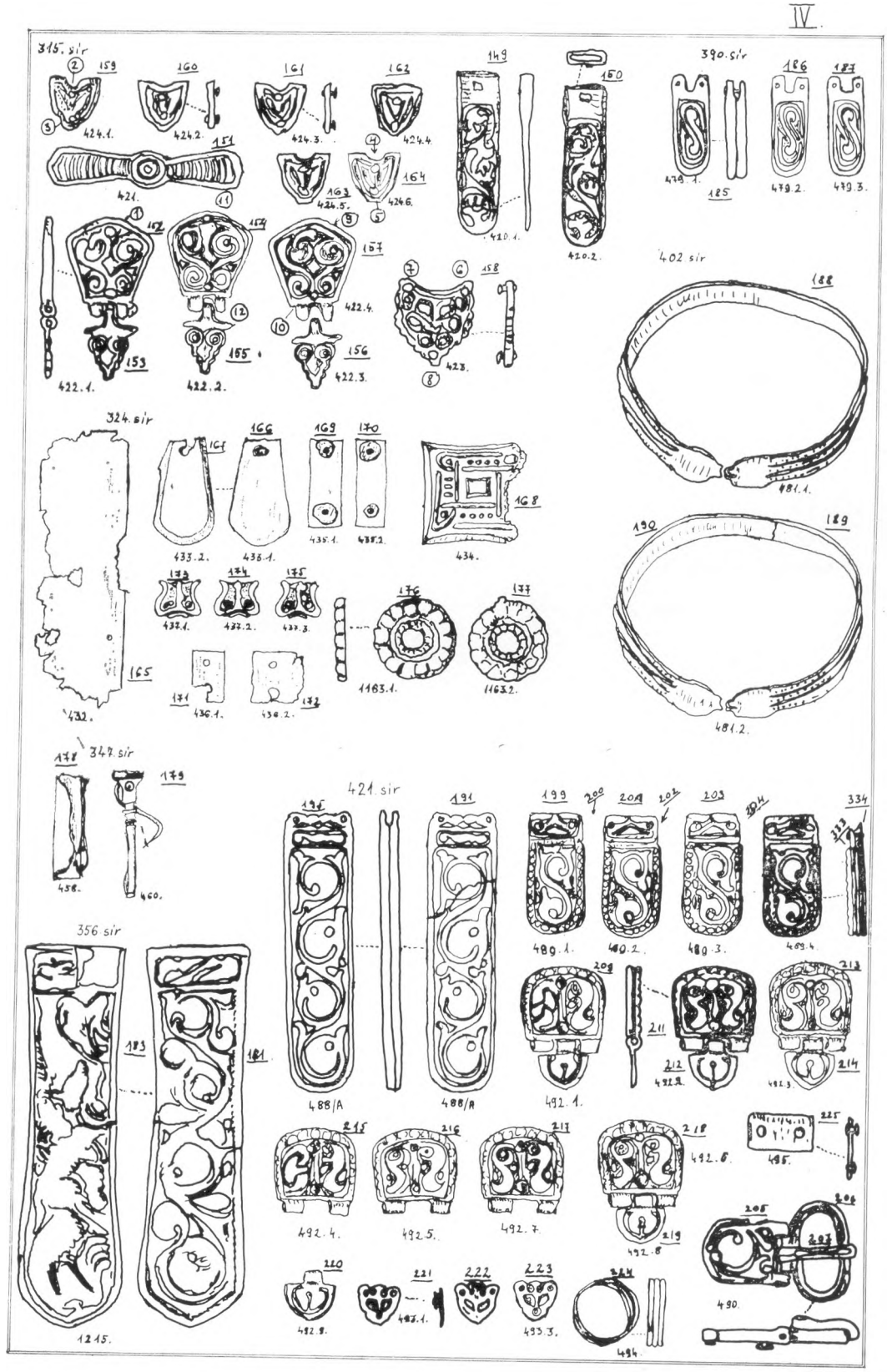

I.
12.sír
14.sír
17.sír
42.sír
16.sír
43.sír
66.sír
32.sír
73.sír
84.sír
94.sír
106.sír
119.sír
0 1 2 3 4 5cm

II.

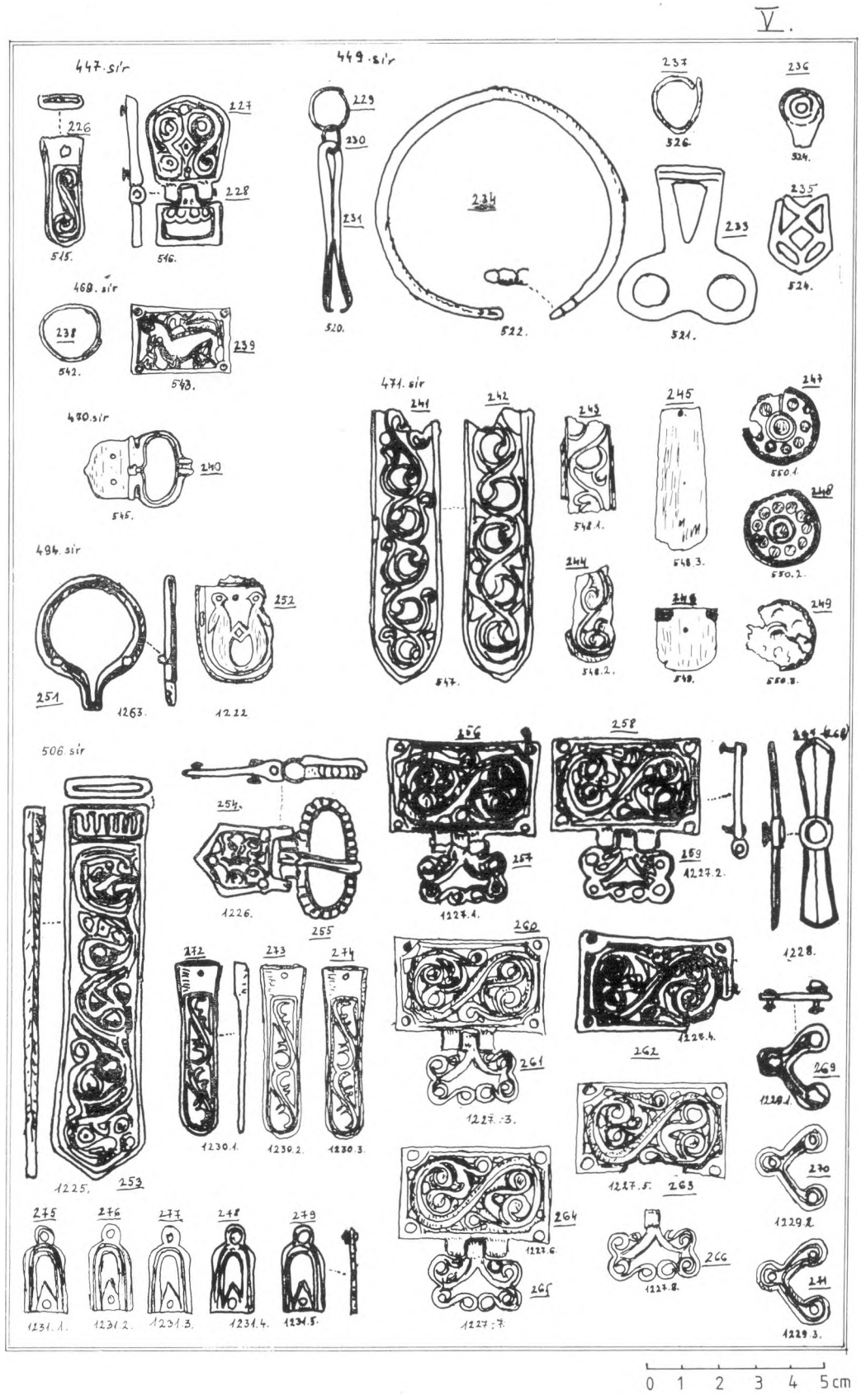

120 sír
184.
155. sír
226.
228.3
228.1.
228.2.
227.
185.
186.
145 sír
1207.
156.sír
229.
165.sír
254.
157. sír
231.
188. sír
1212.3.
1212.
1211.1
1211.2.
226.sír
324.
1210.
204. sír
295.1.
293.
295.2
209.sír
306
210.sír
307.1.
307.2.
0 1 2 3 4 5cm

III.

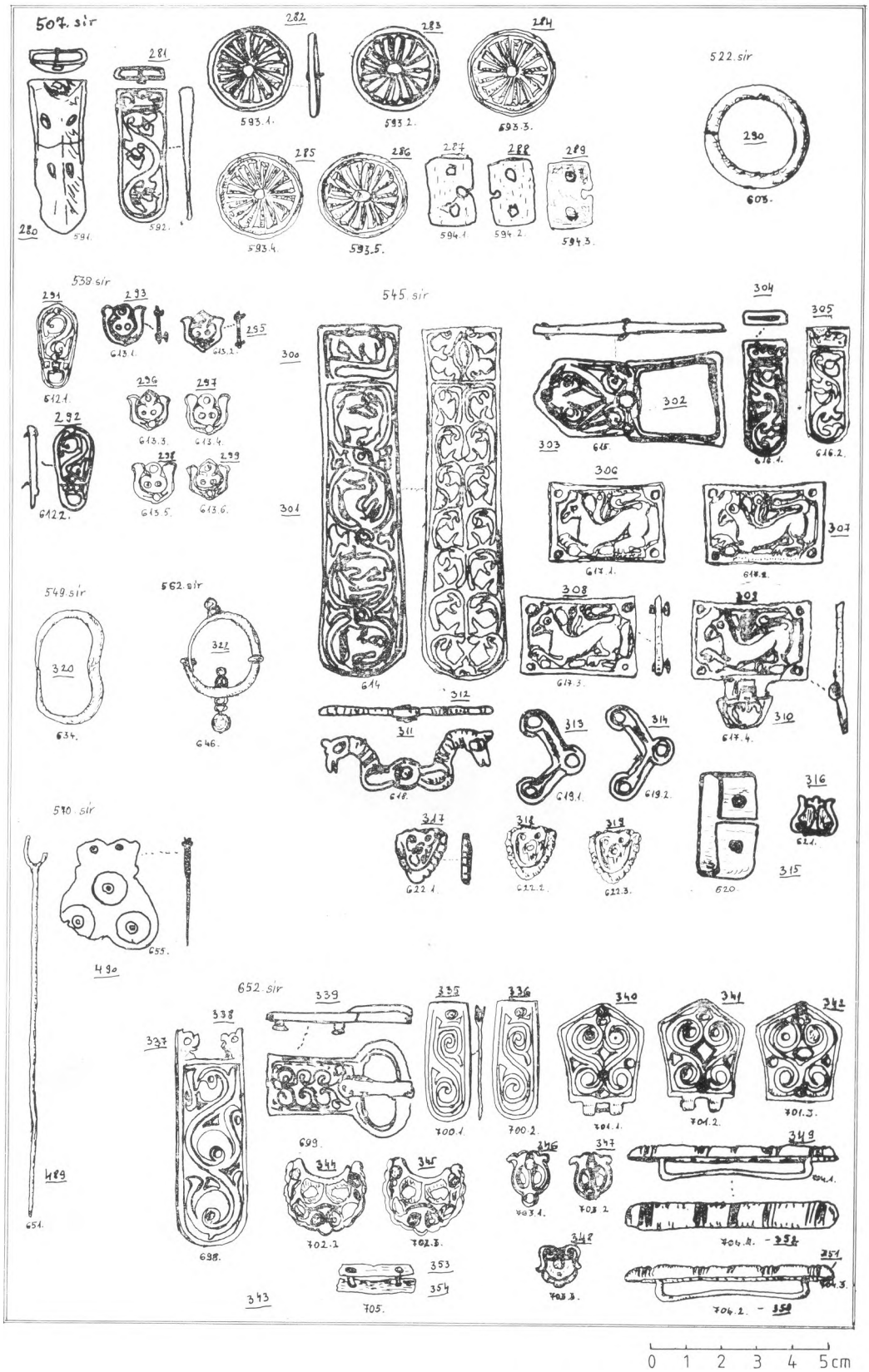

194. sír
252. sír
261. sír
268. sír
270. sír
278. sír
305. sír
315. sír
0 1 2 3 4 5cm

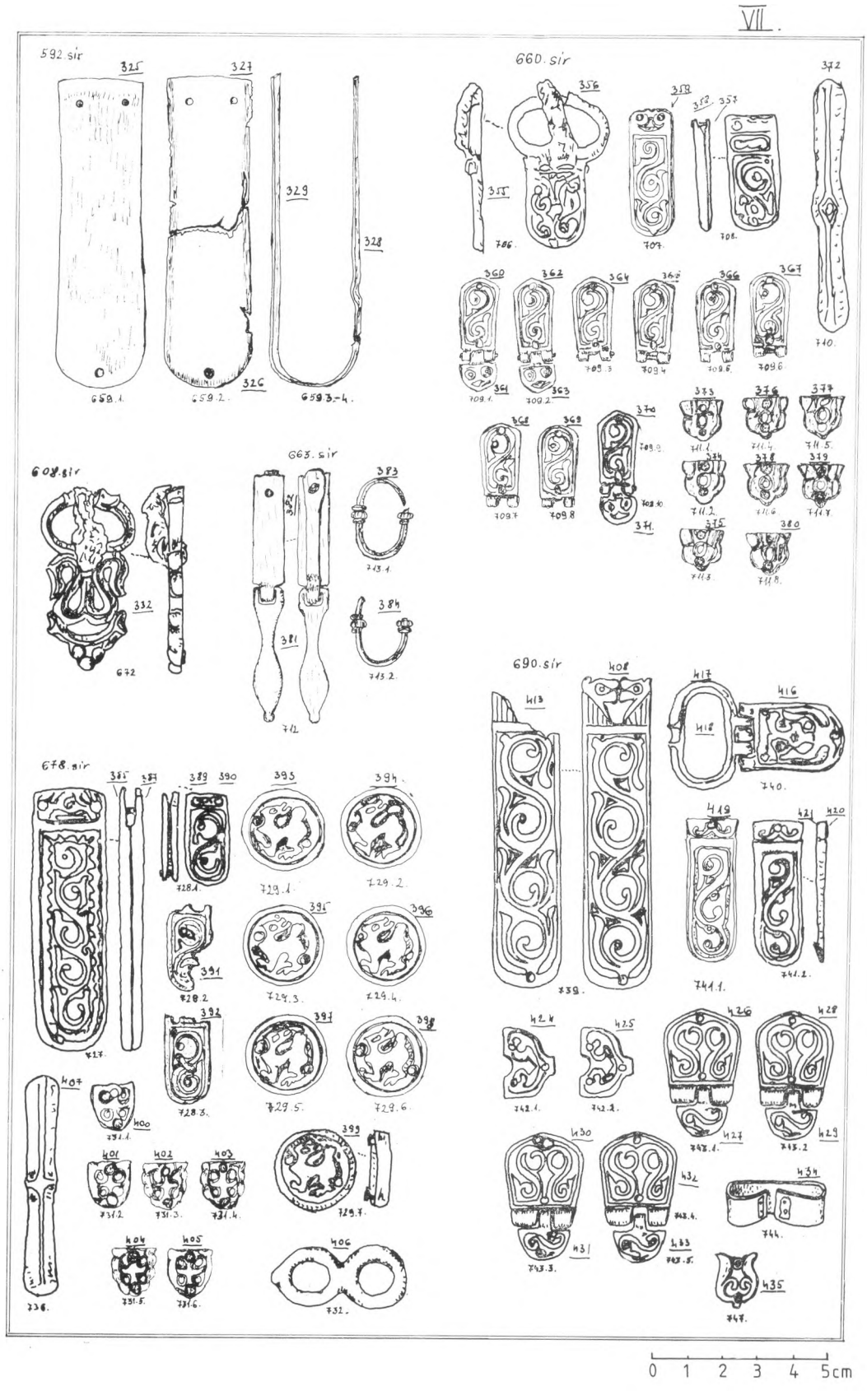

IV.
315. sír
159
160
161
162
424.1.
424.2.
424.3.
424.4
151
421.
163
424.5.
164
424.6.
149
420.1.
150
420.2.
390. sír
186
187
479.1.
185
479.2.
479.3.
402 sír
188
481.1.
190
189
481.2.
324. sír
166
169
170
433.2.
436.1.
435.1.
435.2.
168
434.
173
174
175
437.1.
437.2.
437.3.
176
177
1163.1.
1163.2.
165
432.
171
436.1.
172
436.2.
178
347. sír
179
458.
460.
421. sír
196
191
199
200
201
202
203
204
334
333
480.1.
480.2.
480.3.
480.4
209
211
212
492.2.
213
214
492.3.
488/A
488/A
492.1.
215
216
217
218
225
492.4.
492.5.
492.7.
492.6.
495.
219
492.8.
205
206
207
490.
356 sír
183
181
1215.
220
221
222
223
224
492.9.
493.1.
493.3.
494.

0 1 2 3 4 5cm

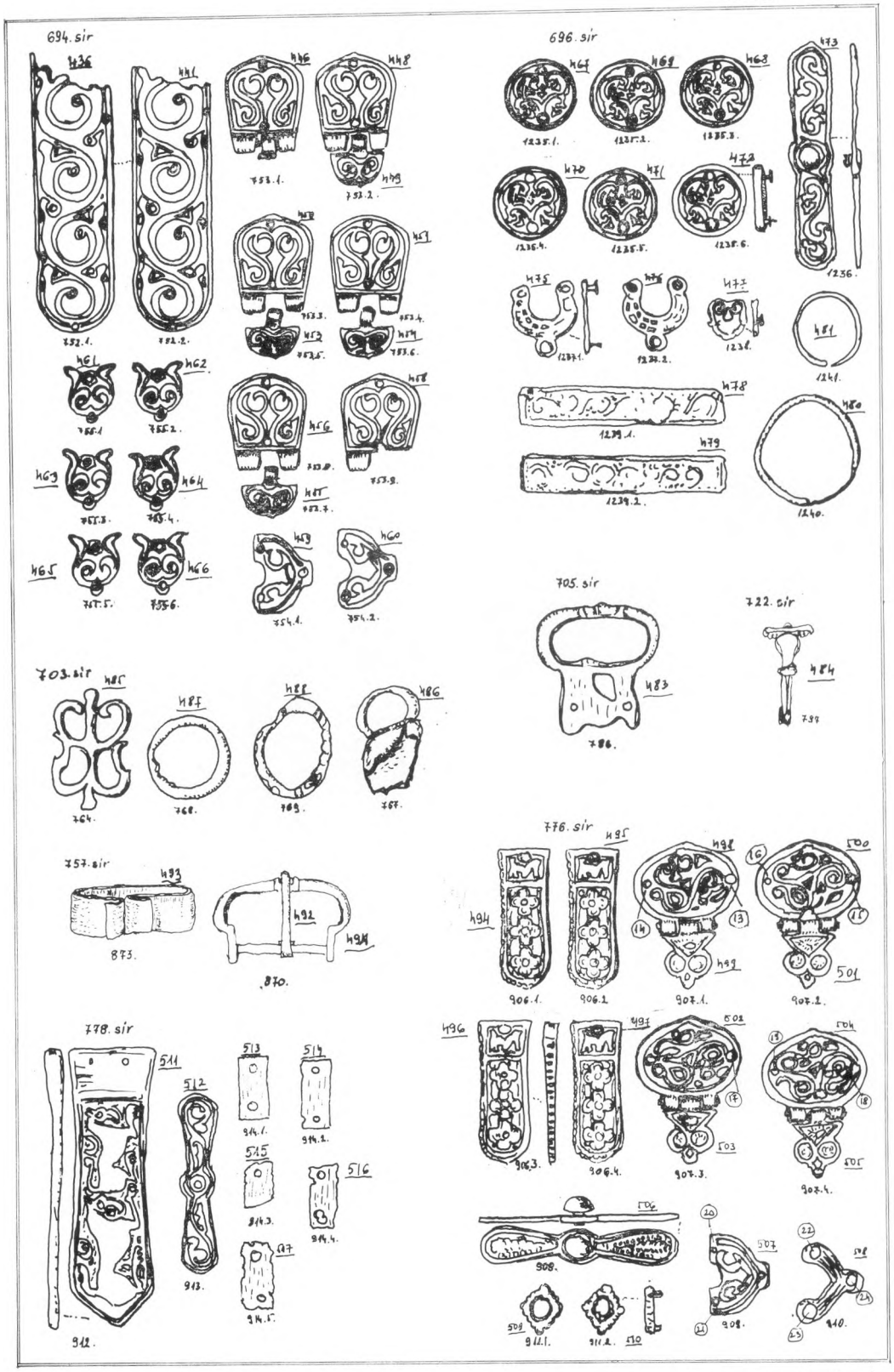

V.
447. sír
226
227
228
515.
546.
449. sír
229
230
231
520.
234
522.
237
526.
236
524.
233
521.
235
524.
468. sír
238
542.
239
543.
471. sír
241
242
547.
243
548.1.
245
548.3.
247
550.1.
244
548.2.
246
548.
248
550.2.
249
550.3.
490. sír
240
545.
494. sír
251
1263.
252
1222.
506. sír
1225.
253
254.
1226.
255
256
257
1227.1.
258
259
1227.2.
1228.
260
261
1227.3.
262
1228.4.
269
1228.1.
263
1227.5.
270
1229.2.
264
1227.6.
265
1227.7.
266
1227.8.
271
1229.3.
272
273
274
1230.1.
1230.2.
1230.3.
275
276
277
278
279
1231.1.
1231.2.
1231.3.
1231.4.
1231.5.
0 1 2 3 4 5 cm

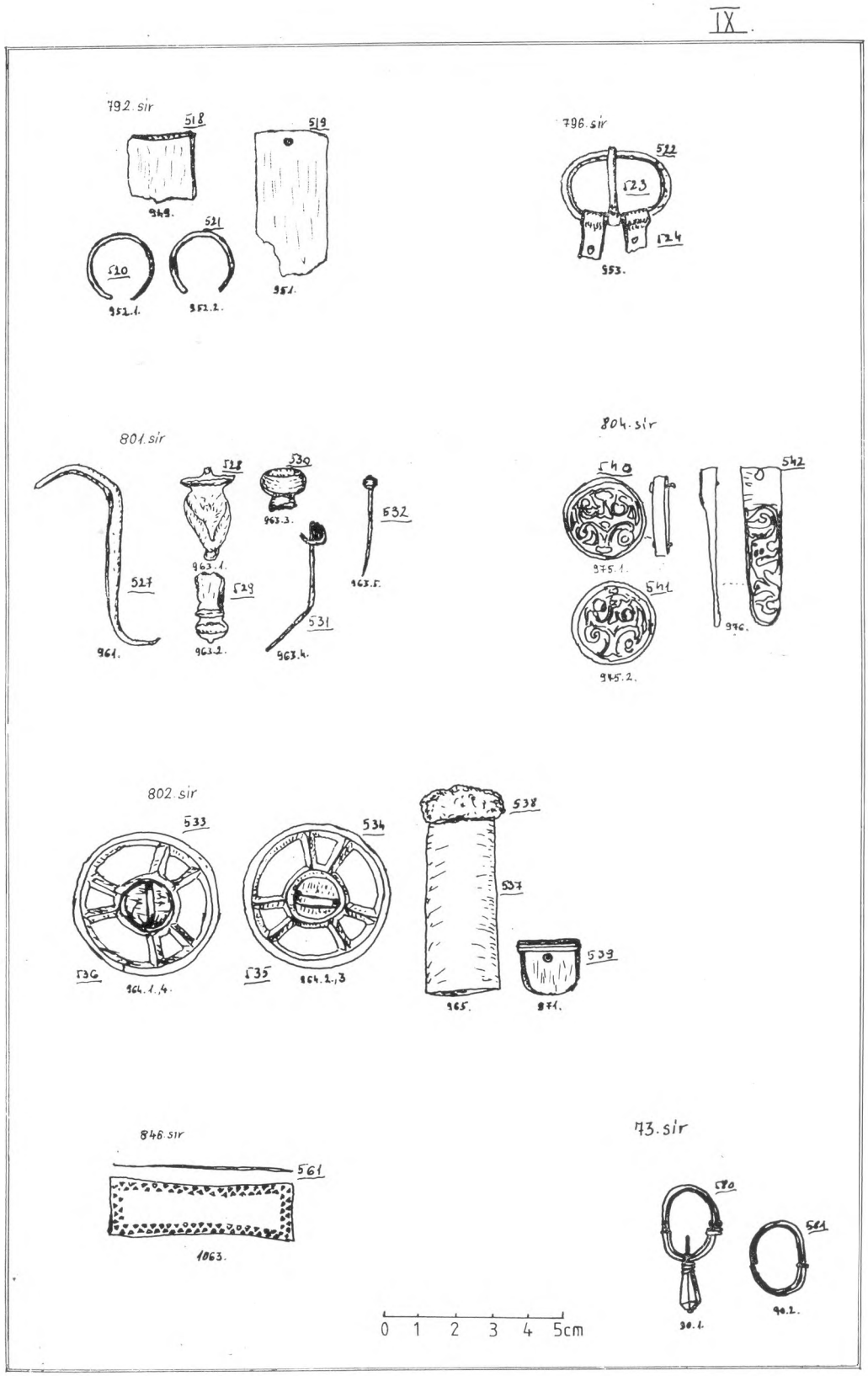
VI.


507. sír
281
282
283
284
280
591.
592.
593.1.
593.2.
593.3.
285
286
287
288
289
593.4.
593.5.
594.1.
594.2.
594.3.
522. sír
290
603.
538. sír
291
293
255
612.1.
613.1.
613.2.
296
297
292
613.3.
613.4.
612.2.
295
299
613.5.
613.6.
545. sír
300
301
614
304
305
302
303
615.
616.1.
616.2.
306
307
617.1.
618.2.
308
309
617.3.
617.4.
310
312
311
618.
313
314
619.1.
619.2.
316
315
620.
549. sír
320
634.
562. sír
321
646.
317
318
319
622.1.
622.2.
622.3.
622.
570. sír
490
655.
489
654.
652. sír
338
337
339
335
336
340
341
342
698.
699.
700.1.
700.2.
701.1.
701.2.
701.3.
344
345
346
347
349
702.1
702.3.
703.1.
703.2.
704.1.
704.2. - 352
348
353
354
351
703.3.
705.
704.3.
704.2. - 350
343
0 1 2 3 4 5cm

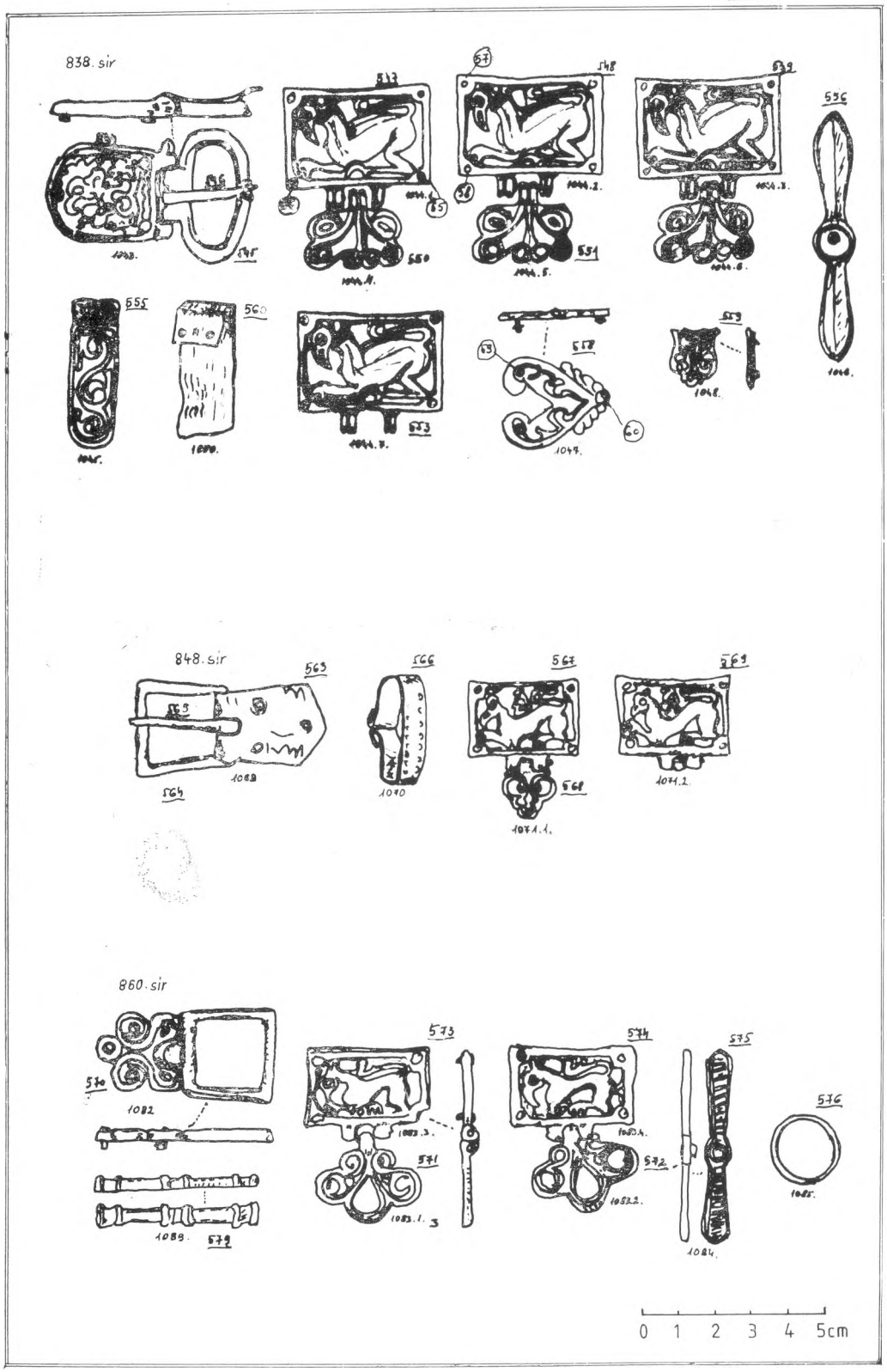

VII.
592. sír
660. sír
608. sír
663. sír
690. sír
678. sír
0 1 2 3 4 5cm

VIII.

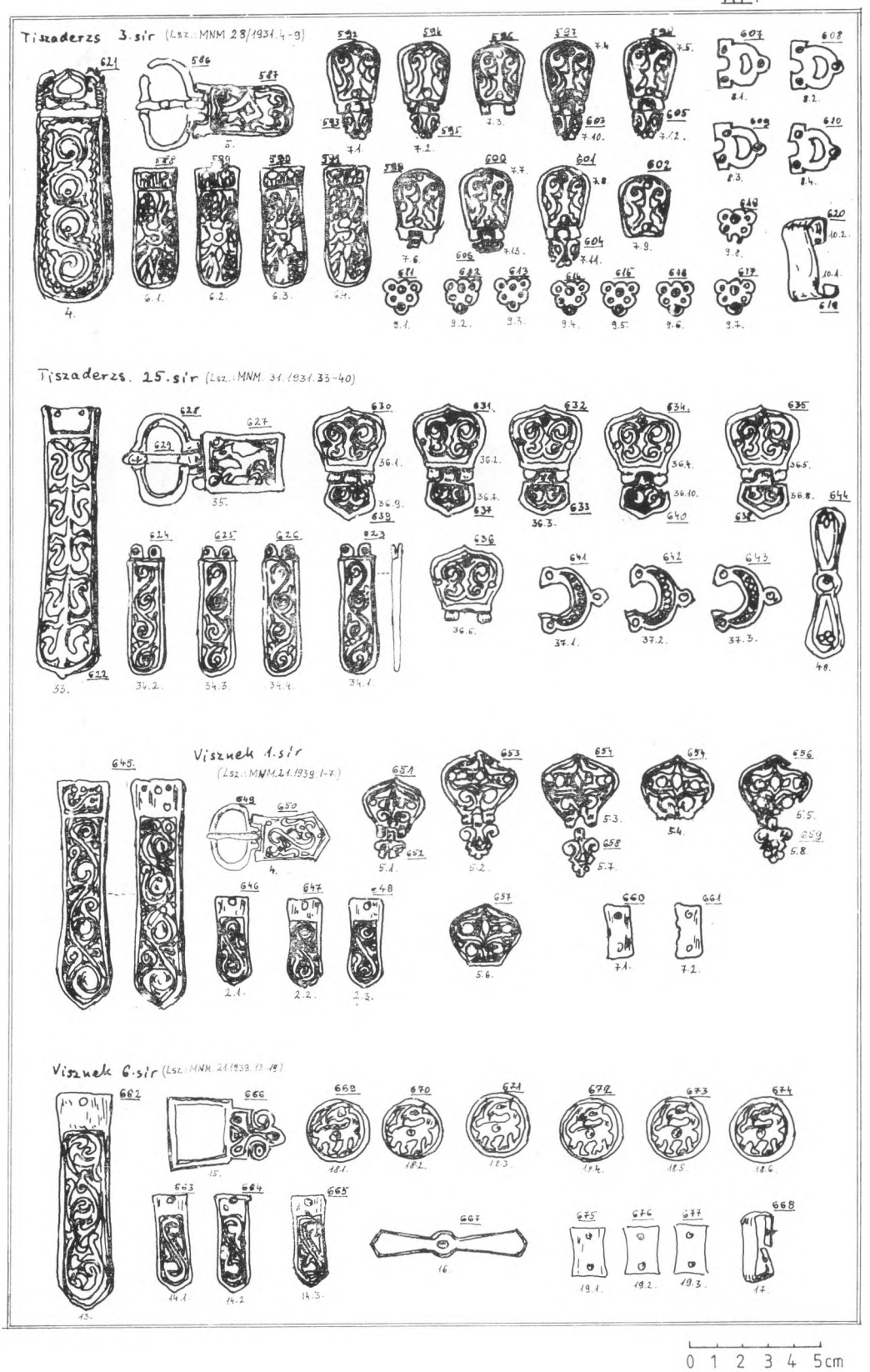

694. sír
696. sír
705. sír
722. sír
703. sír
757. sír
776. sír
778. sír
0 1 2 3 4 5 cm


IX.
792. sír
518
519
949.
521
Γ10
952.1.
952.2.
951.
796. sír
522
Γ23
Γ24
953.
801. sír
528
530
963.3.
963.1.
532
963.5.
527
Γ29
531
961.
963.2.
963.4.
804. sír
Γ40
542
975.1.
541
976.
975.2.
802. sír
533
534
Γ36
964.1.,4.
Γ35
964.2.,3
538
537
539
965.
971.
848. sír
561
1063.
73. sír
Γ70
561
90.1.
90.2.
0 1 2 3 4 5cm

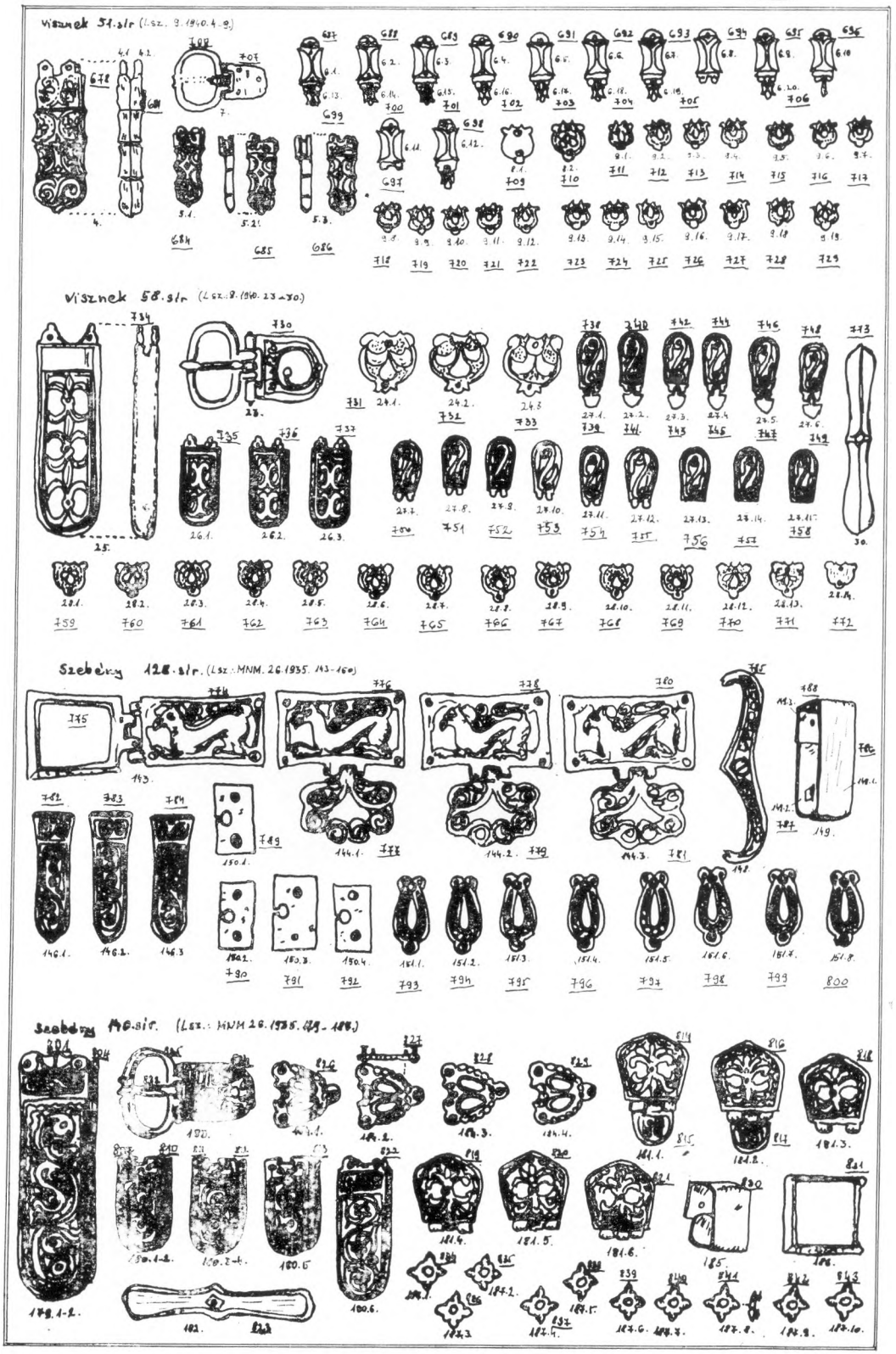
X.



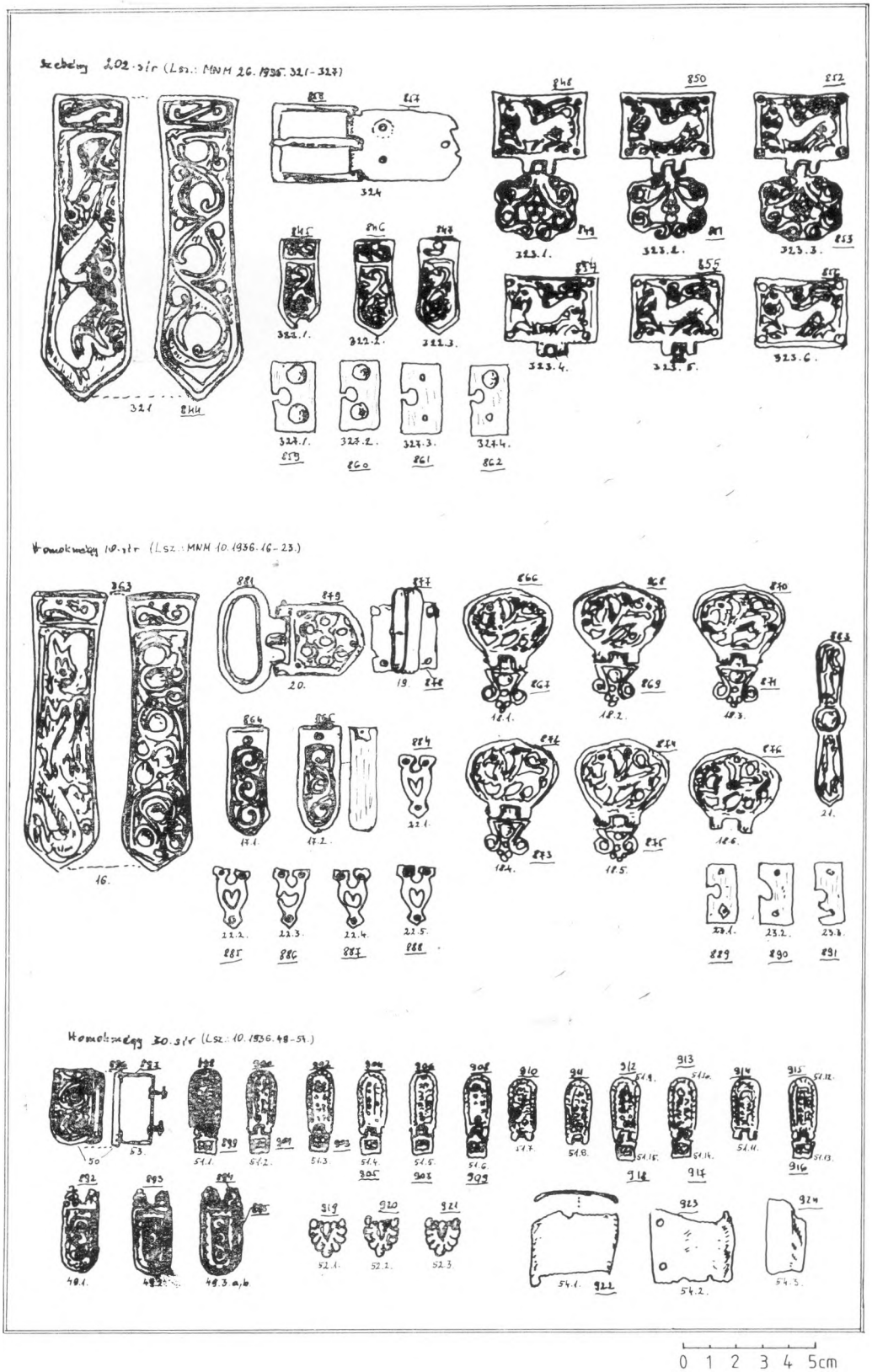
XI.


Tiszaderzs 3.sír (Lsz.: MNM 28/1931.4-9)
Tiszaderzs. 25.sír (Lsz.: MNM. 31.1931.33-40)
Viszunek 1.sír
(Lsz.: MNM.21.1939.1-7.)
Viszunek 6.sír (Lsz.: MNM. 21.1939.13-19)
0 1 2 3 4 5cm

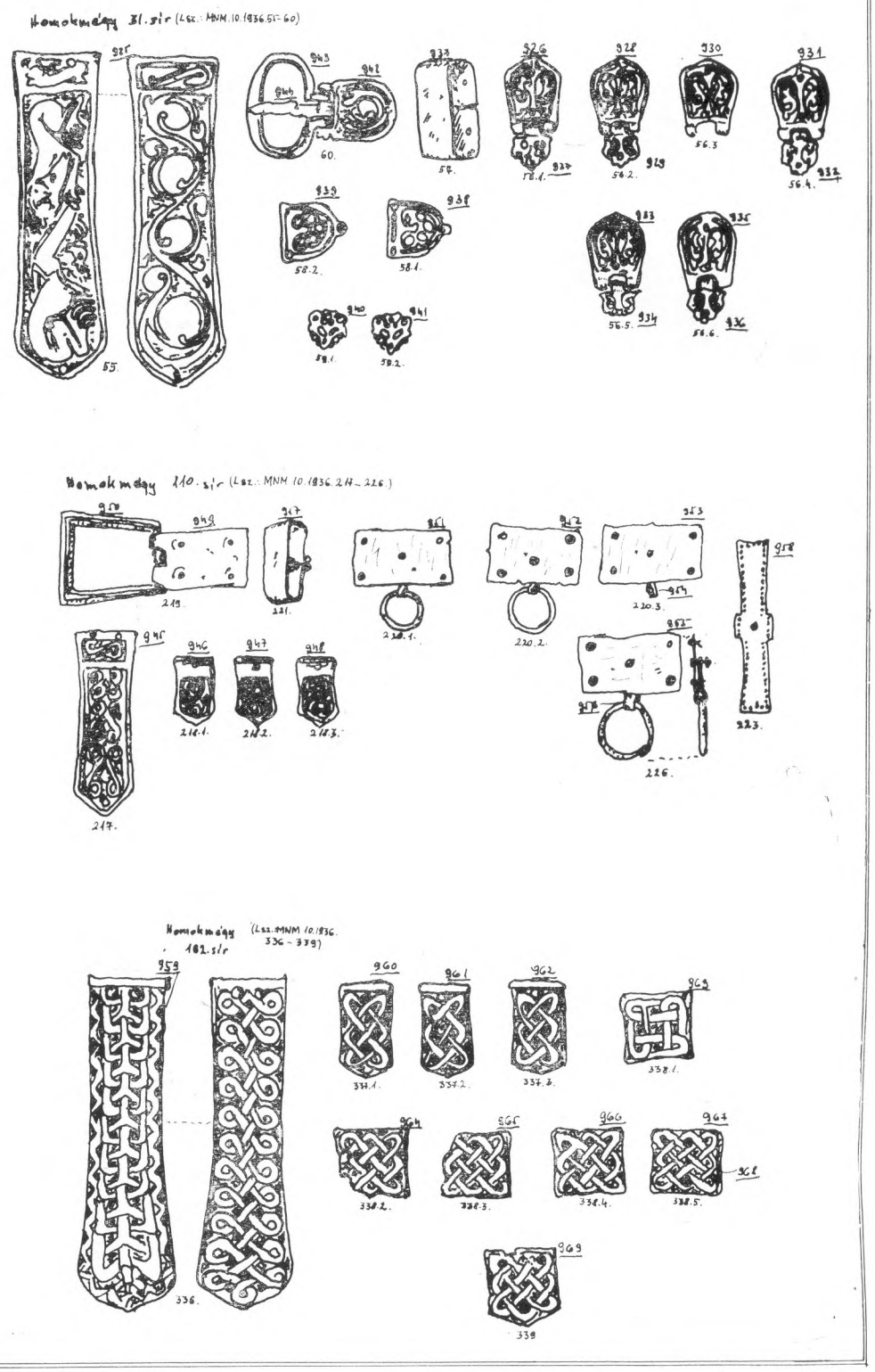
XII.


Visznek 51. sír (Lsz. 9. 1940. 4-9.)
Visznek 58. sír (Lsz. 9. 1940. 23-30.)
Szebény 128. sír. (Lsz.: MNM. 26. 1935. 143-160.)
Szebény 140. sír. (Lsz.: MNM 26. 1935. 179-188.)
0 1 2 3 4 5cm

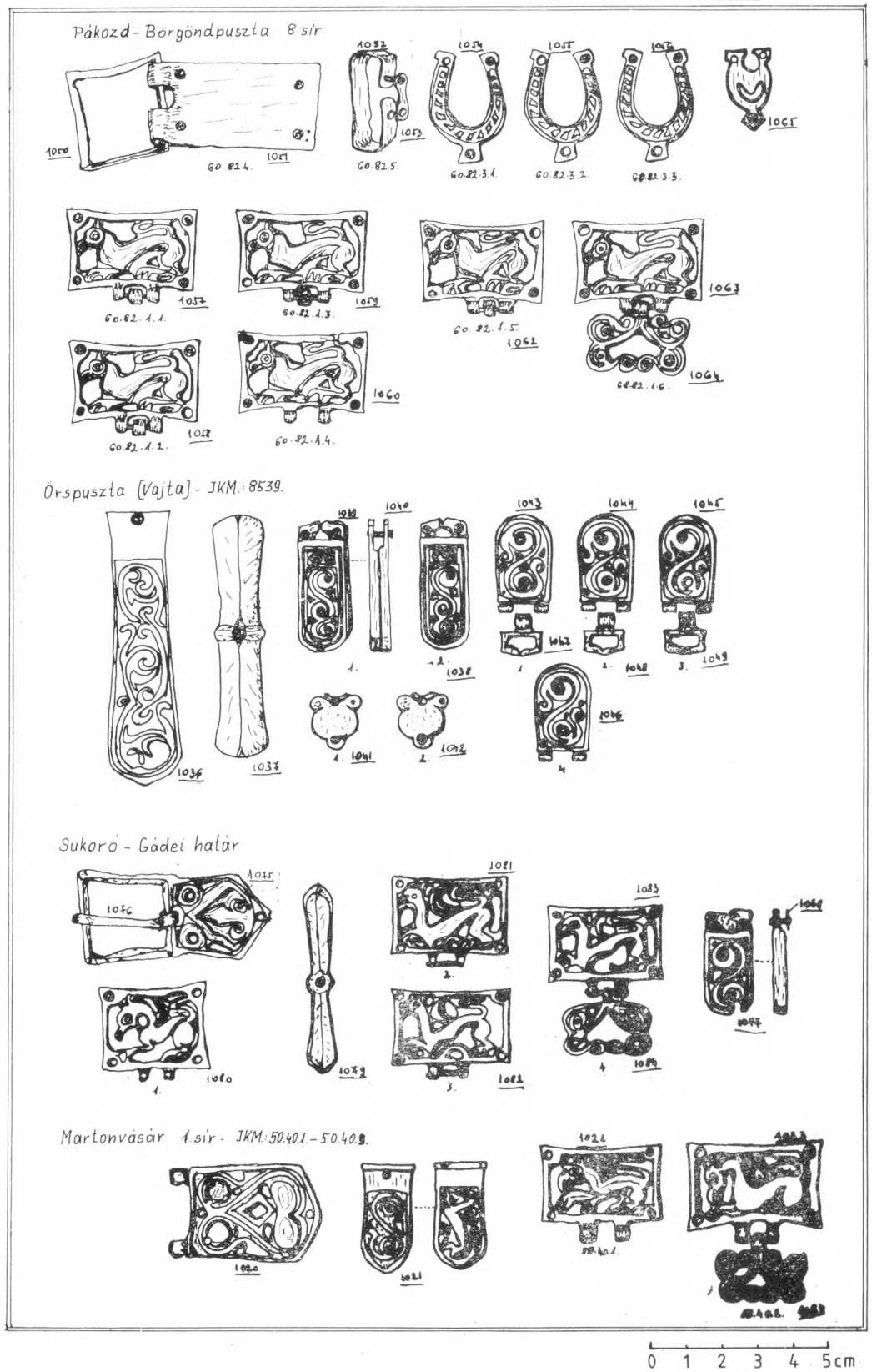
XIII.


Szebény 202. sír (Lsz.: MNM 26. 1935. 321–327)
Homokmégy 10. sír (Lsz.: MNM 10. 1936. 16–23.)
Homokmégy 30. sír (Lsz.: 10. 1936. 48–54.)
0 1 2 3 4 5cm

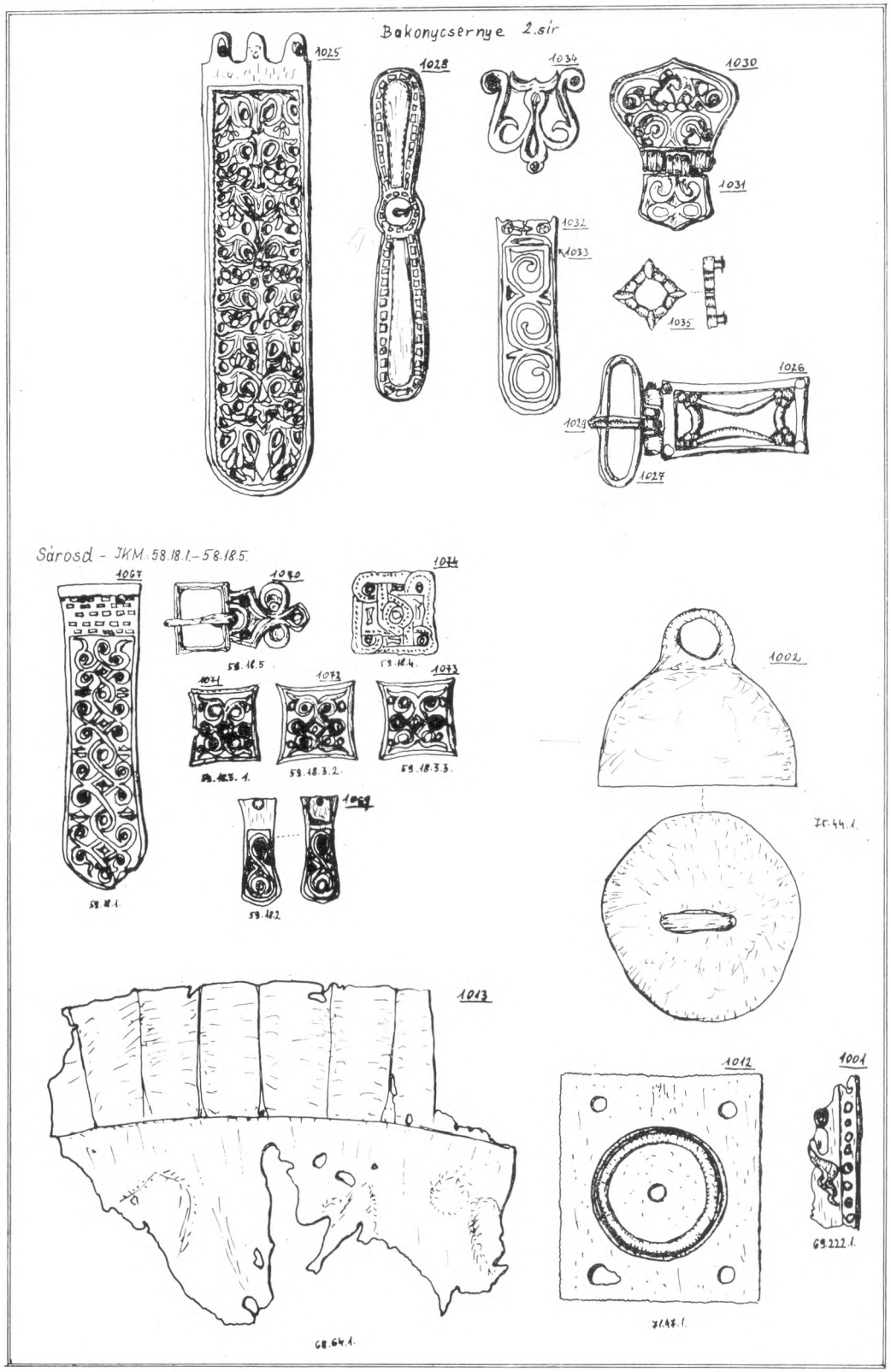
XIV.


Homokmégy 31. sír (Lsz.: MNM 10.1936.51–60)
925
55.
943
944
942
60.
933
58.
926
58.1.
927
928
56.2.
929
930
56.3
931
56.4.
932
939
58.2.
938
58.1.
940
58.1.
941
58.2.
934
56.5.
935
56.6.
936
Homokmégy 110. sír (Lsz.: MNM 10.1836.214–226.)
948
949
219.
947
221.
945
217.
946
218.1.
947
218.2.
948
218.3.
951
220.1.
952
220.2.
953
220.3.
954
955
956
226.
958
223.
Homokmégy 102. sír (Lsz.:MNM 10.1836. 336–339)
959
336.
960
334.1.
961
334.2.
962
334.3.
963
338.1.
964
338.2.
965
338.3.
966
338.4.
967
338.5.
969
339
0 1 2 3 4 5cm

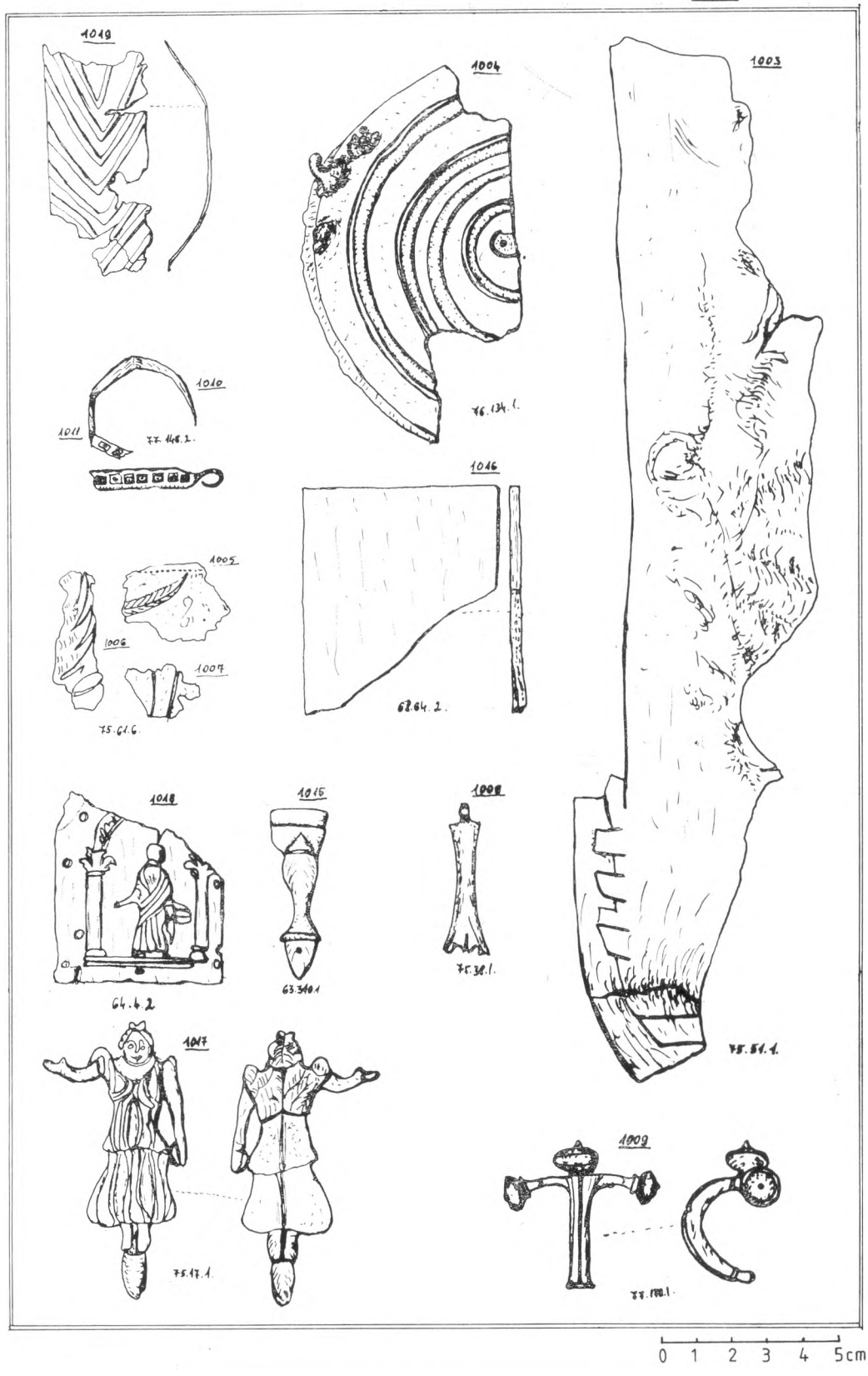
XV.


Pákozd - Börgöndpuszta 8. sír
Örspuszta [Vajta] - JKM.: 8539.
Sukoró - Gádei határ
Martonvásár 1. sír - JKM: 50.40.1 - 50.40.8.
0 1 2 3 4 5cm

XVI.

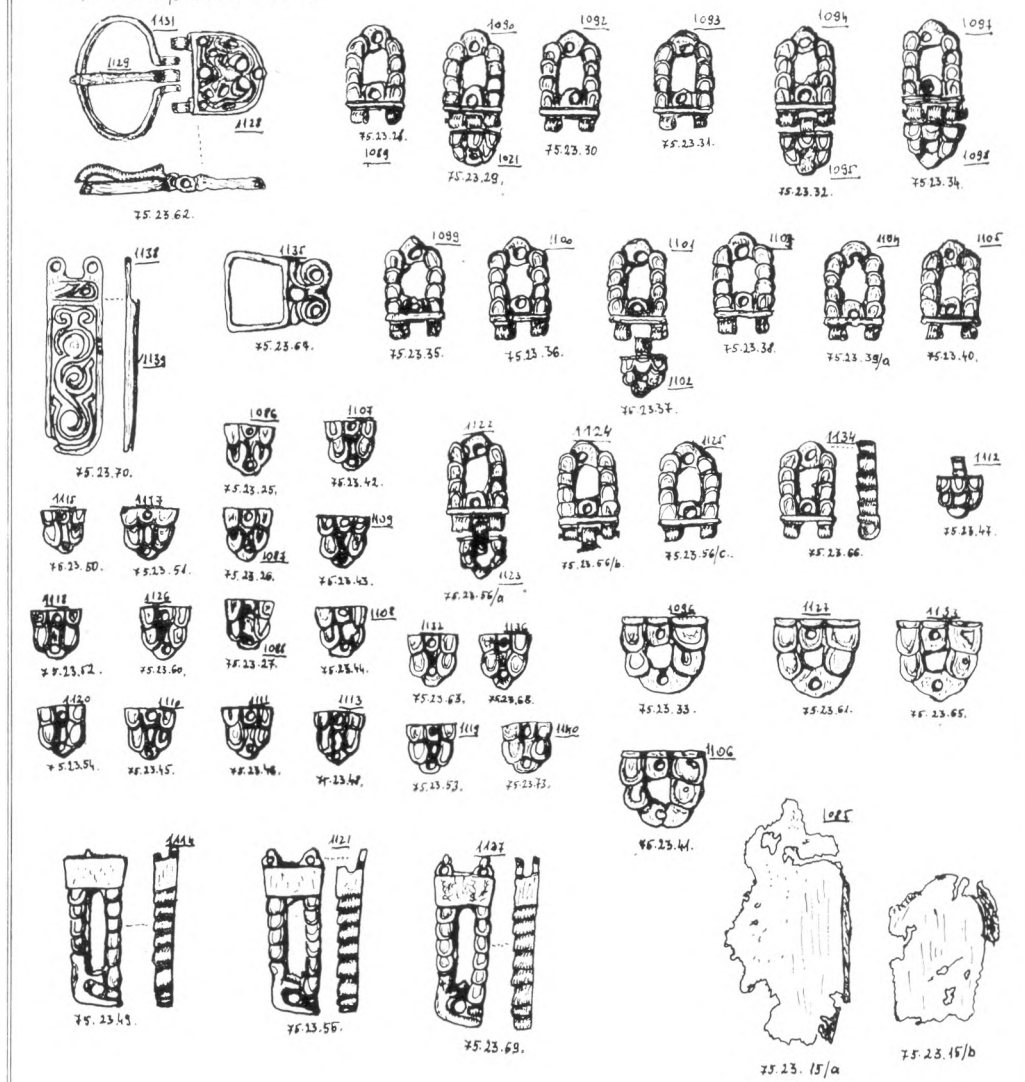

Bakonycsernye 2.sír
1025
1028
1034
1030
1031
1032
1033
1035
1026
1024
1027
Sárosd - JKM: 58.18.1.–58.18.5.
1067
1070
1074
58.18.5
58.18.4.
1071
1072
1073
58.18.3.1.
58.18.3.2.
58.18.3.3.
1068
58.18.1.
58.18.2
1002
IC.44.1.
1013
GB.64.1.
1012
1001
7147.1.
69.222.1.
0 1 2 3 4 5cm

XVII

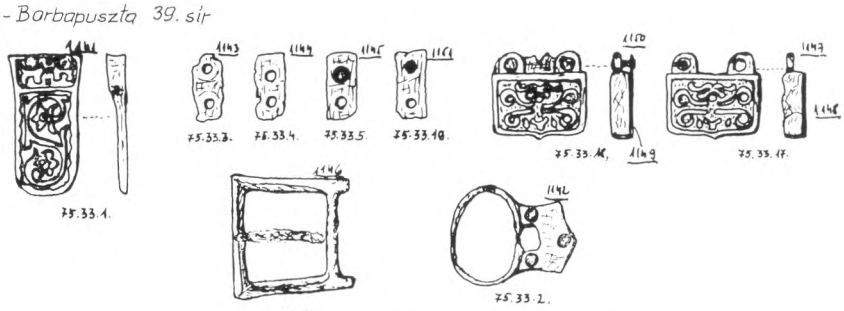

1018
1004
1003
1010
1011
1016
1005
1006
1007
1008
1015
1009
1017
0 1 2 3 4 5cm

XVIII.

Táp-Borbapuszta 26. sír

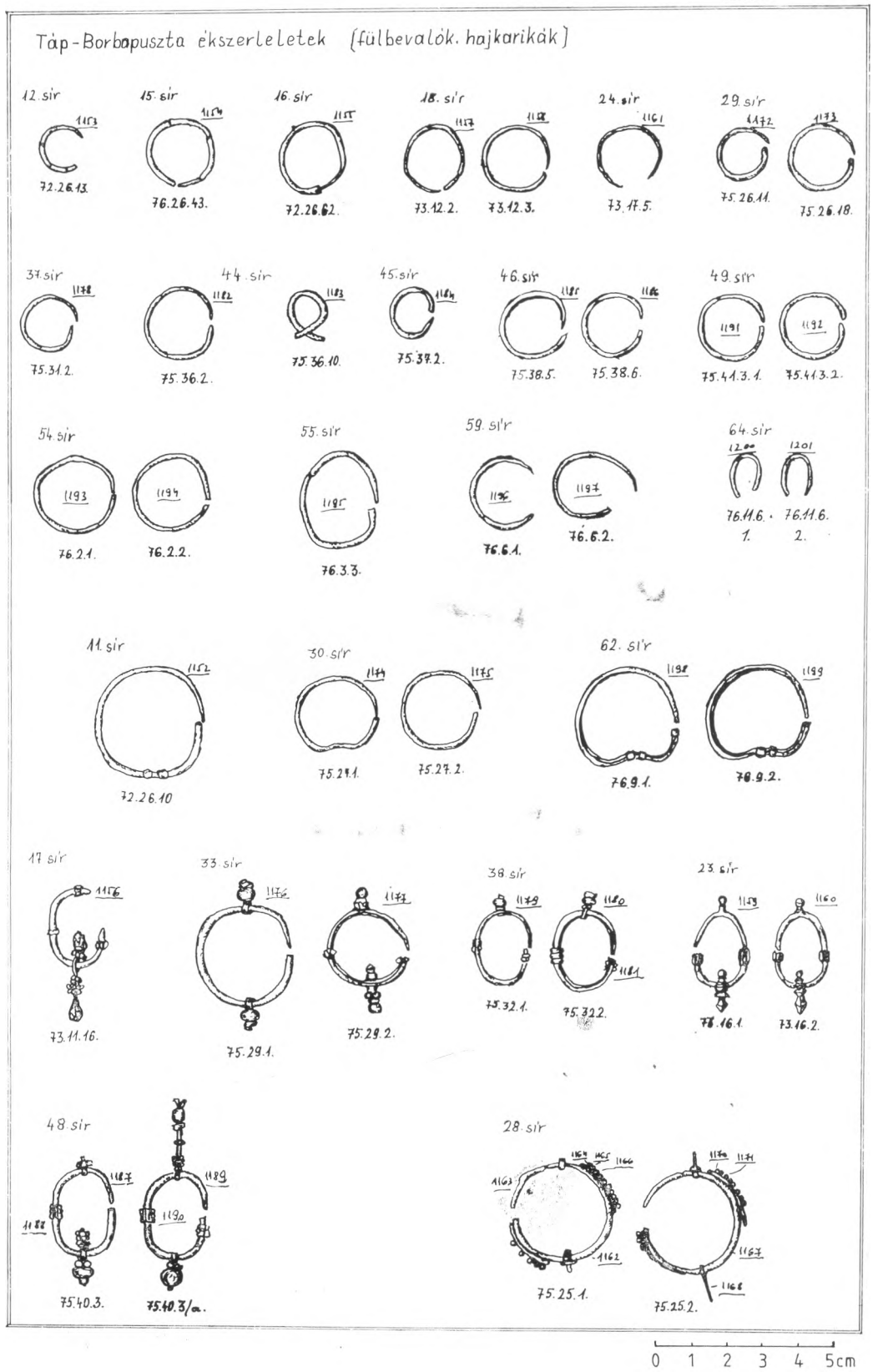


Táp-Borbapuszta 39. sír

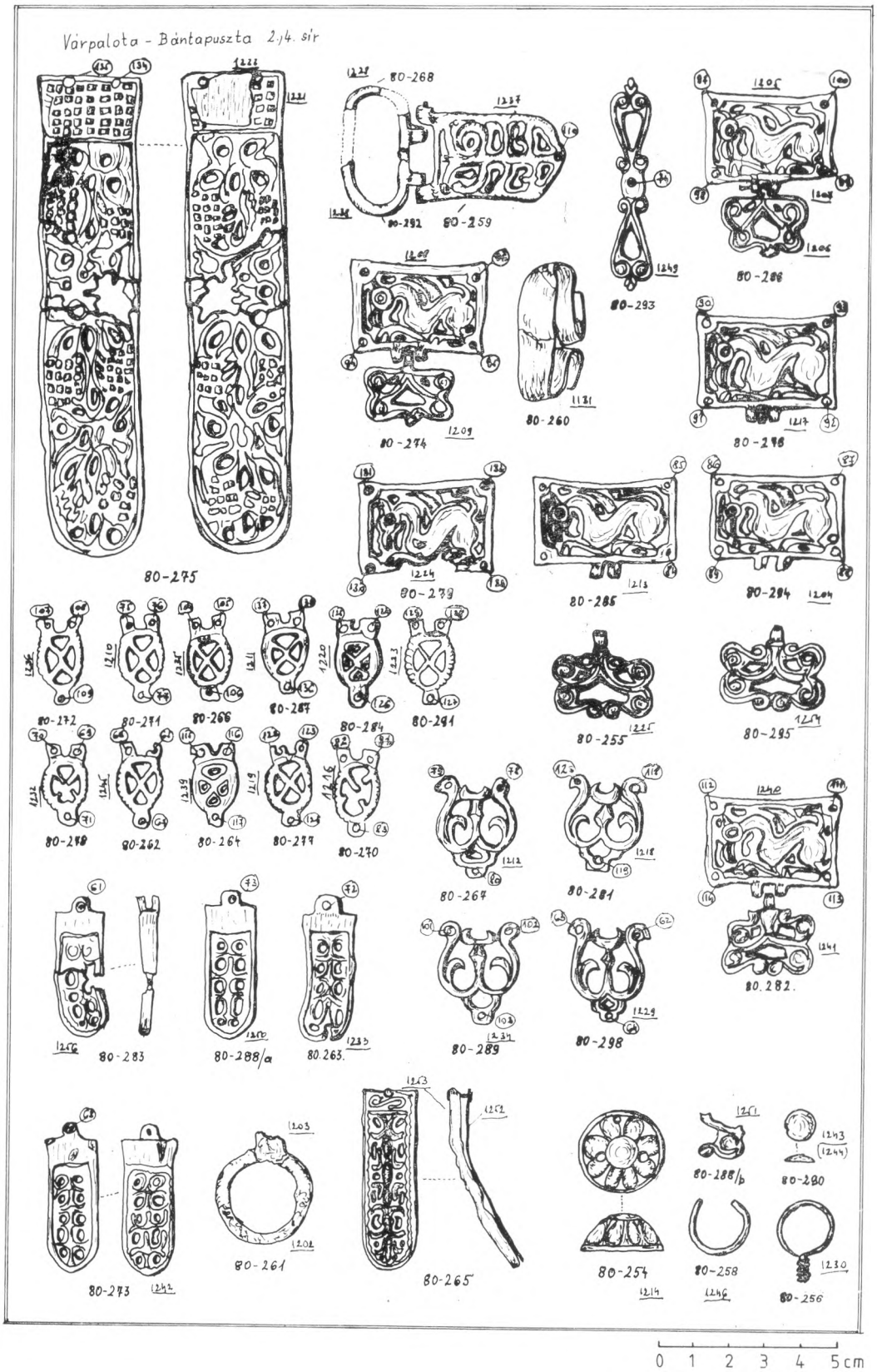


0 1 2 3 4 5cm

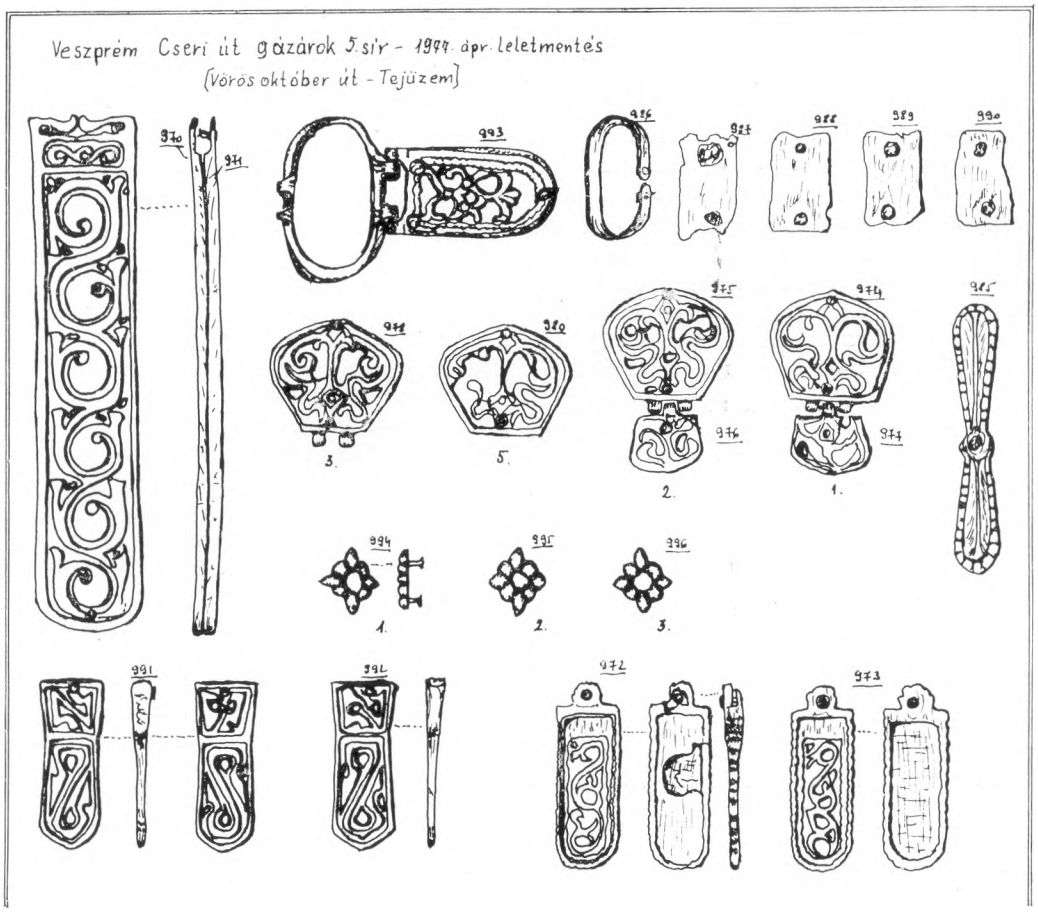
XIX.


Táp-Borbapuszta ékszerleletek (fülbevalók, hajkarikák)
12. sír
72.26.13.
15. sír
76.26.43.
16. sír
72.26.62.
18. sír
73.12.2.
73.12.3.
24. sír
73.17.5.
29. sír
75.26.11.
75.26.18.
37. sír
75.31.2.
44. sír
75.36.2.
75.36.10.
45. sír
75.37.2.
46. sír
75.38.5.
75.38.6.
49. sír
75.41.3.1.
75.41.3.2.
54. sír
76.2.1.
76.2.2.
55. sír
76.3.3.
59. sír
76.6.1.
76.6.2.
64. sír
76.11.6. 1.
76.11.6. 2.
11. sír
72.26.10
30. sír
75.27.1.
75.27.2.
62. sír
76.9.1.
76.9.2.
17. sír
73.11.16.
33. sír
75.29.1.
75.29.2.
38. sír
75.32.1.
75.32.2.
23. sír
78.16.1.
73.16.2.
48. sír
75.40.3.
75.40.3/a.
28. sír
75.25.1.
75.25.2.
0 1 2 3 4 5cm

XX.


Várpalota - Bántapuszta 2/4. sír
80-275
80-268
80-292
80-259
80-293
80-286
80-274
80-260
80-296
80-279
80-285
80-294
80-272
80-291
80-266
80-287
80-284
80-291
80-255
80-295
80-278
80-262
80-264
80-279
80-270
80-267
80-281
80.282.
80-283
80-288/a
80.263.
80-289
80-298
80-273
80-261
80-265
80-254
80-288/b
80-280
80-258
80-256
0 1 2 3 4 5 cm

XXI


Veszprém Cseri út gázárok 5. sír - 1979. ápr. leletmentés
(Vörös október út - Tejüzem)
970
971
973
975
977
978
979
980
974
976
977
3.
5.
2.
1.
994
995
996
1.
2.
3.
991
992
972
973

LÁSZLÓ KÖLTŐ: X-RAY EMISSION ANALYSIS OF BRONZE OBJECTS FROM THE AVAR AGE

In theory the analytical method discussed in the present study (energy dispersive X-ray emission analysis – XEA) can be used for the analysis of all kinds of objects made of metal. Howerer, it can also be used to analyse objects made of clay and glass-like substances (pearls, glazes) and paints, too.

The majority of the analyses were made in the Nuclear Reasearch Institute of the Hungarian Academy of Sciences (ATOMKI) in Debrecen on bronze objects from the Avar Age. On a total of 983 objects originating from the Avar, Roman, prehistoric and Middle Ages a total of 1 498 readings were taken.

It was a remarkable achievement to conduct a routine application of the XEA method on archeological relics (so far the highest number of measurements on Avar finds) especially as it was accompanied by the simultaneous quantitattive analysis of seven elements such as Cu, Pb, Ag, Sn, Sb, Fe and Zn.

The measuring device used was the Si/Li X-ray spectophotometer developed by ATOMKI which was attached to a KFKI type ICA–10 multiple channel analysator and a TPAI mini-computer. The emission source used was a 10 mCi capacity ring-shaped I–125 isotope which decomposes into tellur (Te) by photonemission with a 60,2 day half-time. The radioactive isotope used rendered the system sensitive to elements with higher ordinal numbers than 15. The emission source was placed on a ferrous material with a 5 mm diameter titanium (Ti) collimator which provided information on about a 7 mm diameter area and about 0,1 mm depth of the sample. 512 channel spectrums were recorded with a 100 sec measuring time. X-ray lines FeKα, CuKα, ZnKα, PbLβ, AgKα, AuLβ, as well as SnKα, and SbKα were used in the analysis. The surfaces under study were cleansed with spraying particles over it.

Data processing was carried out on the R–10 type computer of the Research Institute for Heavy Chemical Industries in Veszprém, on one hand, by the histogrammes based on the percentage distribution of elements, and on the other by the application of a cluster analysis method, the so-called dendrogrammes.

In order to make computer processing easier and for archeological reasons, the analysis was done in two stages. In the first step, individual burial sites and land areas were compared. In the second step, the objects, such as belt ornaments and jewellery, were groupped according to their functions. The groups thus formed were also compared with one another.

Investigating the bronze cast belt ornaments it became clear that bronze mounts of the griffin and tendril ornaments were either gilt or tin plated. Silver plating was only used on laminated sets and even there only in case of fully plated mounts and belt ends as the inlaid ornaments resembling a plait of leather were formed with tin plating.

By applying the cluster analysis method we attempted to use the composition of elements to analyse the burial sites as well. It was found that the intrinsic relationships within each burial site were easily detected. The burial site at the brickmaking site of Győr yielded data on burials in designated groups in succesive periods which probably began at the same time.

The comparison of various burial sites was attempted on the basis of frequency histogrammes and dendogrammes. It is assumed on the basis of the findings of these comparisons that it was not a single workshop that provided the Avar Empire with belt ornaments but rather they were supplied possibly by several workshops servicing larger areas.

In the comparison of mounting buds of belts it was possible to show that the mounts of various belt sets were fixed at the same time. The method proved viable to separate from the belt sets pieces that originated from a different period or were of uncertain origin.

Alloys used for jewellery and belt ornaments were found to differ in percentage thus offered the conclusion that they must have been made of different materials and technologies.

The comparison of bronze objects from the Avar and Roman ages so far has allowed us to believe that the recasting of Roman bronzes was not a widespread practice of the Avar Smiths even in the regions of one-time Pannonia.

In the future the measurement project is planned to be extended in two directions. On one hand, objects from other ages will also be included in the study and, on the other, other metals, clay, glass-like-substances and paints will be also analysed with the X-ray emission analysis method in Hungary.

Ласло Кельте: БРОНЗОВЫЕ ПАМЯТНИКИ АВАРСКОЙ ЭПОХИ — РЕНТГЕНО-ЭМИССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Описываемые в работе аналитический метод (энергодисперсионный рентгеноэмиссионный анализ — РЕА) в принципе пригоден для анализа любых изготовленных из металла предметов, но с его помощью можно анализировать также керамические и стекловидные материалы (бисер, эмаль) и краски.

Анализ проводился в Дебрецене в Институте ядерных исследований Венгерской Академии наук (АТОМКИ), в основном на бронзовых материалах аварской эпохи. Всего было выполнено 1498 измерений на 983 археологических находках, включая предметы аварской и римской эпох и средневековья.

Важнейшим результатом исследований (датировки) столь большого числа памятников аварской эпохи стала разработка рутинной технологии применения способа РЕА для археологических целей и решение проблемы одновременного определения количественного содержания семи элементов (Cu, Pb, Ag, Sn, Sb, Fe, Zn).

Измерительной установкой служил сконструированный в АТОМКИ рентгеноспектрометр Si/Li который был соединен с многоканальным анализатором ICA-70 производства ЦИФИ и малой вычислительной машиной TPAi. В качестве источника возбуждения использовался кольцевидно расположенный изотоп 1—125 с интенсивностью примерно 10 милликюри, который в результате фотонной эмиссии за время деления 60,2 суток распадается на теллур. Благодаря радиоактивному изотопу используемая для исследований система обладает чувствительностью к элементам с порядковым номером свыше 15. Подложка для держания источника изготовлена из железа с титановым коллиматором диаметром 5 мм, который передает информацию с части поверхности исследуемого образца диаметром около 7 мм и со слоя толщиной примерно 0,1 мм. За время измерения 100 сек. были сняты 512-канальные спектры. Для анализа использовались рентгеновские линии FeKα, CuKα, ZnKα, PbLβ, AgKα, AuLβ, а также SnKα и SbKα.

Очистка исследуемой поверхности предметов производилась с помощью распыления зернистых материалов.

Обработка данных была выполнена в веспремском НИИ основной химии на ЭВМ R-10, частью по гистограммам процентного распределения отдельных компонентов, частью методом кластерного анализа, с помощью так наз. дендрограмм.

Для того, чтобы облегчить обработку данных на ЭВМ, а также по причинам археологического свойства оценка проводилась в два этапа. На первом этапе было выполнено внутреннее сравнение отдельных погребений и местностей захоронений и географических единств. На втором этапе, сгруппировав предметы по их функции, мы в отдельности исследовали литые и изготовленные из бронзы поясные принадлежности и ювелирные украшения. Составленные таким образом группы мы сравнили и между собой.

В ходе исследования снабженных покрытием бронзовых отливок поясных гарнитуров аварской эпохи выяснилось, что на литых бронзовых оковках (наборах), выполненных в виде грифонов и растительных лоз, кроме позолоты, использовалась полуда. Серебряное покрытие было обнаружено только на пластинчатых гарнитурах, да и там посеребряны были лишь покрытые по всей поверхности наборы и концы ремней, узоры же, имитирующие ременчатое плетение были выполнены лужением.

Метод кластерного анализа мы попытались применить для исследования элементарного состава погребений. В ходе этого мы пришли к выводу, что таким образом можно достаточно достоверно установить внутренние взаимосвязи отдельных захоронений. Анализ выбранного для работы дьерского — теглавете-дюлейского погребения показал, что в отдельные периоды захоронения начинались несколькими, заранее намеченными группами, по всей вероятности, примерно в одно и то же время.

Сопоставление различных погребений мы попытались провести на основе частотных гистограмм и дендрограмм. В результате сравнительного анализа была выдвинута гипотеза, что поясными наборами всю аварскую империю снабжала не одна мастерская, а, по всей видимости, действовало несколько мастерских, возможно, обслуживавших значительные территории.

Путем сравнительного анализа заклепок, закреплявших ременные наборы, удалось установить, что различные по составу материалов наборы отдельных поясных гарнитуров тоже были собраны в одно и то же время. Этот метод оказался пригодным и для того, чтобы отделить от поясных гарнитуров части, собранные в различное время или же сомнительные.

Нами было обнаружено, что пропорции сплавов ювелирных украшений и поясных гарнитуров неодинаковы, из чего мы могли прийти к заключению о том, что они, должно быть, изготовлены из разного материала и с применением различной технологии.

Полученные до сих пор результаты сравнительного анализа бронзы аварской и римской эпох позволяют нам сделать вывод о том, что в практике аварских ювелиров переплавка римской бронзы не могла иметь повсеместный характер даже на территории бывшей Паннонии.

В дальнейшем мы намерены расширить программу измерений в двух направлениях. Во-первых, мы включим в исследования и предметы других эпох, а во-вторых, мы хотели бы распространить в Венгрии рутинную технологию рентгеноэмиссионного анализа для исследования прочих металлических, керамических, стеклообразных материалов и красок.

LÁSZLÓ KÖLTÖ: RENTGENEMISIA ANALIZO DE HAVAREPOKAJ BRONZAJ OBJEKTOJ

La analiza metodo, priskribita en la studo (la energiodispersa rentgenemisia analizo — REA), teorie estas taŭga por analizi ĉiuj metalajn objektojn. Tamen eblas analizi per ĝi ankaŭ ceramikaĵojn, vitreskajn materialojn (perlojn, glazurojn), farbojn.

La analizojn ni plenumis en la Atomkernoesplora Instituto de Hungara Scienca Akademio, Debrecen, plejparte ĉe havarepokaj bronzaj objektoj. Kune kalkulante la materialojn el la havara, romia, pra- kaj mezepokoj, ni faris 1498 mezurojn ĉe entute 983 arkeologiaj trovaĵoj.

Estas unu el la plej gravaj rezultoj de la ĝis nun plej grandnombra analizado de havarepokaj trovaĵoj, ke ni sukcesis ellabori la arkeologian rutinan aplikadon de REA kaj ni solvis la kvantecan, samtempan difinon de sep elementoj (Cu, Pb, Ag, Sn, Sb, Fe, Zn).

Nia mezurilo estis Si/Li rentgenspektrometro konstruita en ATOMKI, kiun ni kuplis al multkanala analizatoro ICA—70 produktita de KFKI kaj al etkomputilo TPAI. Kiel induktoron ni uzis ringoforme lokigitan izotopon I—125 kun intenseco 10 mCi, kiu per fotonemisio kun duoniĝtempo de 60,2 tagoj malkomponiĝas je teluro. (Te). La analizatora sistemo kun la aplikita radioaktiva izotopo estas uzebla ĉe elementoj kun atomnumeroj pli grandaj ol 15. La submetaĵo de la fontoinduktoro estis el fero kun titana (Ti) kolimatilo kun diametro de 5 mm-oj, kiu kapablas liveri informojn pri ĉ. 7 mm-ojn diametra areo kaj ĉ. 0,1 mm-on larĝa tavolo de la analizata objekto. Kun mezurtempo de 100 sekundoj ni registris 512-kanalajn spektrojn. Por analizi ni uzis la rentgenliniojn FeKα, CuKα, ZnKα, PbLβ, AgKα, AuLβ kaj SnKα, SbKα.

La purigon de la analizotaj objektosurfacoj ni solvis per grajnoŝutado.

La prilaboro de la datumoj okazis per la komputilo R—10 en la Pezkemio-industria Esplorinstituto Veszprém. Ni uzis unuflanke histogramojn de la laŭprocenta dividiĝo de la opaj komponantaj elementoj, aliflanke la t. n. dendrogramojn de la klasteranaliza metodo.

Por plifaciligi la komputilan prilaboron kaj pro arkeologiaj vidpunktoj ni faris la analizadon en du bazaj paŝoj. En la unua grado okazis la interna komparo de la opaj tombejoj, respektive de la opaj regionoj. En la dua grado ni laŭfunkcie grupigis, kaj aparte esploris la fanditajn kaj bronzlamenajn zonoapartenaĵojn, respektive la juvelojn. La tiel formitajn grupojn ni komparis ankaŭ unu al la alia.

Per la analizo de la tegitaj bronzaj muldaĵoj de la havarepokaj zongarnituroj pruviĝis, ke oni aplikis krom la orizado nur stanizadon sur la grifo-sarmentornamaj bronzmuldaĵoj. Ni trovas arĝentan tegaĵon nur sur la lamenaj garnituroj, ankaŭ tie nur la plene kovritaj forĝaĵoj kaj la rimenfinaĵoj estis arĝentizitaj, la rimenplektaĵojn imitantaj inkrustaĵoj estis elformitaj per stanizado.

Per la aplikado de klasteranalizo ni faris provon esplori tombejojn laŭ la konsisto el kemiaj elementoj. Ni spertis, ke eblas kun tre bona probableco konstati la internajn interligojn en la opaj tombejoj. La analizado de tombejo sur kampo Győr — téglavető (Győr-brikfarejo) pruvis, ke la entombigoj en la opaj periodoj komenciĝis verŝajne preskaŭ samtempe en pluraj antaŭe asignitaj grupoj.

Ni provis kompari la diversajn tombejojn laŭ oftecaj histogramoj kaj dendrogramoj. Laŭ la rezultoj de tiu komparo ni supozas, ke ne unusola metiejo provizis per zonmuldaĵoj la tutan havaran imperion, sed verŝajne funkciis pluraj, eble pli grandajn regionojn priservantaj, metiejoj.

Komparante la nitojn de la zonmuldaĵoj ni sukcesis demonstri, ke la diverskonsistaj muldaĵoj de la opaj zongarnituroj estis samtempe surmuntitaj. La metodo ebligas, ke ni disigu la nesamtempe almuntitajn aŭ dubajn pecojn de la opaj zongarnituroj.

Ni trovis, ke la proporcio de la elementoj en la alojo de la juveloj kaj en tiu de la zongarnituroj estis malsamaj, ni konsekvencas, ke ili estis faritaj el malsamaj materialoj kaj per malsamaj teknologioj.

Laŭ niaj rezultoj la ĝisnuna komparo de la romi- kaj havarepokaj bronzaĵoj permesas la konkludon, ke en la praktiko de la havaraj juvelistoj eĉ sur la iama areo de Panonio ne estis ĝenerala la remuldado de la romiaj bronzaĵoj.

En la futuro ni intencas vastigi la programon de mezurado en du direktoj. Unuflanke ni alprenas por analizi la objektojn ankaŭ de aliaj epokoj, aliflanke ni deziras realigi en Hungario la rentgenemisian analizmetodon en rutina esplorado de ceteraj metaloj, ceramikaĵoj, vitreskaj objektoj kaj farboj.