

Segesvár és Kőhalom környéki, 17-19. századi festett bútorok pigmentjeinek roncsolásmentes vizsgálata hordozható röntgen fluoreszcens elem analizátorral.

Adalékok az auripigment-indigózöldhöz és alkotóihoz

Morgós András – Sajó István – Minami Takeshi

A 17. század közepétől az erdélyi festőasztalosok nemcsak egyházi megrendelésre, templomi használatra készítették bútorokat, hanem a módosabb városi és falusi lakosság is szerepelt a megrendelők, vásárlók között. A világi célra előállított erdélyi festett asztalos bútorok talán legszebb és legművesebb darabjai Segesvár és Kőhalom környékén készültek, és e vidéken maradtak fenn. Öt egyedi és kiemelkedő, erről a környékről származó, magántulajdonban levő, festett asztalosmunka színeire felhasznált pigmenteket vizsgáltuk hordozható röntgen fluoreszcens elem analizátor (portable X-Ray Fluorescence, rövidítve pXRF) segítségével. A vizsgált bútorok a 17. század vége és a 19. század eleje közötti időszakban készültek. Ez a mintegy 150 év a környék szász és magyar bútorfestésének az aranykora. Az öt tárgyból négyen egy különleges, erre a vidékre jellemző vár/templomábrázolás szerepel. Ez a motívum több Segesvár és Kőhalom környéki szász és magyar templom festett asztalosmunkáin is látható. Mindegyik bútoron megtalálható egy különös és ritka keverékszín az ún auripigment-indigózöld, amivel részletesen is foglalkozunk.

A vizsgált asztalosmunkákat úgy választottuk ki, hogy reprezentálják a világi célra készült, a lakóházakba szánt festett asztalosmunkák fejlődését, megjelenését, csúcspontját és lecsengését. A bútorok a következő tárgy-típusokhoz tartoztak: ládaelőlappal nagyvirágos festéssel (kb. 1680-1720) és négy bútor vár/templom motívummal: kis laptéka (1769), nagy laptéka 180(3?), fogas (1820-as évek) és padláda (1836).

Hordozható röntgenfluoreszcens műszerrel megmértük a tárgyakon található színalkotó pigmentek elemösszetételét, értelmeztük az eredményeket és összevetettük a mérési helyen levő festés rétegszerkezetével.¹

Cikkünk három fő részből áll:

1. A kézi röntgenfluoreszcens elem analizátorok ismertetése, a műszer és a módszer jellemzői, előnyei, hátrányai és korlátai.
2. A kiválasztott öt festett asztalosmunka vizsgálata: a mérési helyek leírása, a mérési eredmények ismertetése tárgyanként és színenként, valamint a pigmentvizsgálatok kiértékelése.
3. A mindegyik vizsgált bútoron megtalálható auripigment-indigózöld keverékszín alkotóival (auripigment, indigó és segédanyagok) kapcsolatos fontosabb festésetörténeti források, tulajdonságaik, jellemzőik, valamint az indigózöld előállításának, öregedésének ismertetése.

1. Kézi vagy hordozható röntgenfluoreszcens elem analizátorok

Az utóbbi időben elterjedt hordozható XRF elem analizátorok lehetővé teszik műtárgyak felületének egy-három perc alatt történő helyszíni, roncsolásmentes, mintavétel nélküli elemösszetétel mérését. A pXRF elem analizis-technika alkalmas a magnéziumtól az uránig terjedő szinte minden elem minőségi és esetenként mennyiségi meghatározására, kivéve a H, Li, Na, Be, B, C, N, O, F elemeket, a nemesgázokat és a transzuránokat. Csak korlátozottan használható Mg, Al, Si, P, S és Cl kimutatására. A nyomelemek egy része még 1 ppm (0,0001%) körüli koncentrációban is esetenként meghatározható (1. ábra).

A festett tárgyakon előforduló szerves festékek pigmentjeit alkotó elemekből sokat, de nem mindegyiket lehet pXRF műszerrel azonosítani. Egyáltalán nem alkalmas a szerves pigmentekben és kötőanyagokban levő szén mérésére, és ugyancsak nem vizsgálhatók vele az elemek közötti kötések sem.

A pXRF műszer és technológia fejlődése mintegy 40 éves múltra tekint vissza. Az 1980-as években egy ilyen műszer súlya még 10 kg fölötti volt, mára 1 kg körülire csökkent. A kereskedelemben kapható pXRF elem anali-

¹ A pXRF vizsgálatokat a tárgyakon 2011-ben végeztük. Jelen cikk a XIX. Erdélyi Magyar Restaurátor Továbbképző Konferencián (Székelyudvarhely, 2018. október 1.) elhangzott előadásunk szerkesztett változata.

H																	He				
Li	Be	Periódusos rendszer														B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
Fr	Ra	Ac																			

1. ábra. A periódusos rendszerben a pXRF elemvizsgálóval vizsgálható és vizsgálhatatlan elemek szemléltetése. Sárga (csak a Mg): kimutatási határa magas (reális mérési körülmények közt ~2-4%). Zöldek piros karikában (Al – Cl): közepes kimutatási határú csoport (néhány tized %). Zöld (K-tól fölfelé): nagyon jól (alacsony koncentrációban, Limit of Detection = LOD < 0,01%) kimutatható elemek. Fehér: nem mutathatók ki a H, Li, Na, Be, B, C, N, O, F elemek, valamint a nemesgázok és a transzuránok.

záró ára az alapkészlettől és a kalibrációs modelltől függően harmincezertől ötvenezer dollárig terjed. Ha figyelembe vesszük a műszer élettartama alatt végezhető vizsgálatok számát, akkor az egy mintára eső költség általában pár dollár. Következésképpen nagy, statisztikailag megbízható adatkészletet lehet költséghatékonyan kapni pXRF technológiával.²

Az pXRF vizsgálatokkal kapcsolatban egy pozitív és egy negatív gyakorlat alakult ki. Pozitív, hogy már sok intézmény, vállalkozás és magánszemély vásárolt az egyre olcsóbbá váló készülékből. Ezeket egyre többször használják a tárgyi kulturális örökség vizsgálatára. A fejlettebb országokban már szinte minden jelentősebb múzeum, akadémiai intézmény, egyetem, kutatóintézet stb. rendelkezik pXRF-el és végez vizsgálatokat. Általános negatív gyakorlat azonban, hogy a mérést és a kiértékelést legtöbbször ugyanaz a személy végzi. A mért spektrumok értelmezéséhez valamint ebből helytálló és megbízható következtetések levonásához a röntgenfluoreszcenciás elemzés kivitelezéséről, a vizsgált anyag kémijáról és a tárgy készítésével kapcsolatos anyag-, készítés- és technikatörténeti ismeretekkel kell rendelkezni. Ezek hiánya hibás eredményhez, rossz kiértékeléshez és félreértelmezéshez vezethet. A vizsgálat és kiértékelés több tudományterületre eső speciális tevékenység, ezért soha ne egyetlen személy végezze, hanem legyen csoportmunka, a szükséges területek szakemberei – vegyész, fizikus, restaurátor, művészettörténész, néprajzos, régész, történész stb. – dolgozzanak együtt, ezáltal közös munkával fog megszületni a megbízható következtetés és eredmény.

1.1. A pXRF módszer általános jellemzői

- **Kimutathatósági tartomány:** a kereskedelembe kapható hordozható XRF készülékek kimutathatósági tartománya általában a magnézium és az urán közötti

elemekre korlátozódik. A magnéziumnál alacsonyabb rendszámú elemek kimutatására nem alkalmas, mert az azokra jellemző lágyabb röntgensugárzást a minta és a detektor közötti levegőréteg elnyeli.

- **Kimutathatósági határ (LOD = Limit of Detection):** függ az adott műszertől és a mérési körülményektől (hosszabb mérési idővel lejjebb szorítható). Függ a kérdéses elem rendszámától: az alacsonyabb rendszámú elemeknél gyengébb, pl. Mg esetében 2-4% körüli, a közepes kimutathatósági határú elemeknél – Al, Si, P, S, Cl – általában néhány tized %, a magasabb rendszámúaknál – Au, Pb, Hg – sokkal jobb, akár 0,01% is lehet. A hosszabb idejű mérés általában javítja a kimutathatóságot. Célszerű megismételni a mérést hosszabb idővel, különösen akkor, ha nem áll rendelkezésre az adott pigment összetételének vizsgálatához legalkalmasabb kalibráció.
- **Mérési pontosság:** a hordozható XRF készülékek ún. energiadiszperzív röntgen spektrométert (EDX) használnak, ami kisebb méretű, viszont kisebb a felbontása, kevésbé pontos és kisebb a számlálási sebessége, mint a laboratóriumokban használt, nem hordozható készülékeknek, amelyek ún. hullámhossz diszperzív spektrométerrel (WDS) működnek. Általánosságban a módszer félkvantitatív elemzésre alkalmas. Az elérhető pontosság függ a műszeren a mérés előtt kiválasztott és beállított kalibrálási modelltől. Ezekből gyárilag programozottan többfélet is szállítanak a mérőeszközzel együtt, közülük a vizsgált felület/anyag típusa szerint a legmegfelelőbbet célszerű választani. A mérési pontosságot befolyásolja a felület geometriája is.
- **A mért spektrum:** a vizsgálati hely/minta felső rétegéből származik, abból, amibe és olyan mélyről ameddig a röntgensugár behatol. A műszer a legfelső néhány tized milliméter összetételét méri – a pontos behatolási mélység nagyban függ a minta sűrűségétől és az ott levő elemek rendszámától. A mérésből nem kapunk

² Shugar – Mass 2012.

információt arról, hogy a sugár pontosan milyen mélyre hatolt be, ezért pl. az egymáson több festésréteggel rendelkező tárgy vizsgálatakor, nemcsak a legfelső festékrétegben, hanem nagy valószínűséggel az alatta húzódó rétegekben levő elemeket is kimutatja, összeméri. Ezért erre a kiértékeléskor feltétlenül gondolni kell, sokszor nem dönthető el egyszerűen, hogy egy adott elem karakterisztikus jele valójában melyik rétegből származik.

- **Elemazonosítási gondok:** a pXRF készülékek energiadisziperzív, félvezető detektorokat használnak. Ezek energiafölbontása nem túl jó, így egyes elemek egymáshoz közel eső jellemző színképvonalait nem tudják elkülöníteni. A színképvonalak átfedése miatt előfordulhat, hogy a mérés is, és az elemek azonosítása is hibás. Emiatt a spektrumok kiértékelése a felhasználó részéről hozzáértést és tapasztalatot igényel.
- **Kén-ólom probléma:** ha a mérendő helyen kén és ólom együtt található, a kénre jellemző gyenge K spektrumvonal átfed (egybeesik) az ólom M erős vonalával, emiatt könnyen előfordulhat, hogy a két elemet összetévesztik a kiértékelésnél, és az egyik jelenlétében a másikat nem veszik észre. Ez előfordulhat pl. ólomfehér és gipsz együttes jelenlétekor. Ennek kiküszöbölésére ugyanazon a helyen hosszabb (pl. kétszeres vagy háromszoros) mérési idővel meg kell ismételni a mérést (lásd 1. táblázat 513. és 514. mérés).

A felsorolt okok miatt a pXRF mérések mellett esetenként más vizsgálatokat is szükséges elvégezni. Ezekhez – pl. a mikroszkópos keresztmetszeti rétegszerkezeti vizsgálathoz, röntgen diffrakcióhoz stb. – általában mintavétel szükséges. A pXRF vizsgálatot nagyon jól kiegészíti a Raman mikroszkópia.

1.2. A módszer előnyei

- A pXRF méréshez nem szükséges mintavétel, ami műtárgyak esetében igen előnyös, különösen, azoknál, amelyekből nem engedélyezik a mintavételt: pl. kisméretű, értékes régészeti leletek, kiemelkedő értékű festmények stb. Meg kell jegyezni, hogy esetenként a tárgyak felületének minimális előkészítésére szükség lehet pl. a vastag szennyeződés vagy korrózió eltávolítására.
- A készülék hordozhatósága miatt helyszíni vizsgálat és mérés is lehetséges (1. kép), pl. múzeumokban vagy ásatáson. Rendkívül rövid idő szükséges (percek) az analízishez, ezért más vizsgálati módszerekkel szemben költséghatékony.
- pXRF vizsgálattal a tárgyak szinte mérettől függetlenül vizsgálhatók. Különösen alkalmas a tárgyak felületén levő szervesanyagok (pigmentek, korrózió, fémtárgyak felületén helyi ötvözet-összetétel stb.) vizsgálatára.
- Minőségi és esetenként mennyiségi elemzésre is alkalmas.

- A nyomelemeket is kimutatja, ezért megfelelő lehet származási hely meghatározására.

1.3. Hátrányok és korlátok

- A pXRF csak a kristályt alkotó elemek kimutatására alkalmas, a kristályok szerkezetére nem, ellentétben a röntgendiffrakciós analízissel (XRD).
- A pXRF analízis nem tudja megkülönböztetni ugyanannak az elemnek az izotópjait.
- A pXRF műszer nem tud különbséget tenni ugyanazon elem különböző vegyértékű ionjai között. Pl. nem különbözteti meg a Fe^{2+} -t a Fe^{3+} -tól.
- A potenciálisan heterogén felszínű tárgyak analízise problémás lehet, pl. nagyméretű felületi kristályok jelenléte esetén.
- Nagyon heterogén összetételű anyag pXRF-fel többnyire nem vizsgálható. Több vastag rétegből álló tárgyak vizsgálata pXRF-fel csak keresztmetszeti mintavétel után lehetséges.
- Egyes mátrixokban az elemek átfedése, pl. Fe/Co együttes jelenléte esetén hibás Co adatokat ad. Ilyen esetben a mátrixhoz igazított kalibráció segíthet.

2. A Segesvár és Kőhalom környéki festőasztalos munkákon végzett vizsgálatok és kiértékelésük

Öt, Segesvár és Kőhalom környéki, a 17. század vége és a 19. század eleje közötti időből származó, festőasztalosok által készített festett bútor pigmentjeinek a vizsgálatát végeztük el 2011-ben Thermo Niton XL3t pXRF műszer TestAll Geo kalibrációs beállításával (1. kép).³ Ez a beállítás általában alkalmas volt az elemanalízisekhez. A vizsgálati helyeken a mérési terület átmérője 8 mm, a mérési idő 60 másodperc körüli volt, de alkalmaztunk 150



1. kép. A nagy laptéka 180(3?) pigmentjeinek vizsgálata Thermo Niton XL3t pXRF elemvizsgálóval.

³ Gyártó: Thermo Fischer Scientific, USA: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/10131166#/10131166> (letöltve: 2020.05.07.).

másodpercre terjedő időket is. A bútorok, az 180(3?) éves számú nagy laptéka kivételével restaurálatlanok voltak.

2.1. A mérések során tapasztalt általános megfigyelések

Kén kimutatása

Gipsz (CaSO_4), kréta (CaCO_3) vagy mész alkalmazásának kimutatása alapozásban, fehér vagy kevert festésekben pXRF műszerrel problémába ütközik. Gipsz a kén jelenléte alapján csak akkor bizonyítható, ha más kén tartalmú pigment, pl. auripigment (As_2S_3), cinóber (HgS) nincs a mérési helyen. Vizsgálataink során 61 mérést végeztünk, ebből 55 esetén 60 s körüli mérési időt alkalmazva nem lehetett a kén kimutatni, mivel annak koncentrációja a kimutathatósági határ alatt volt ($S < \text{LOD}$), viszont 6 különböző helyen 120-150 másodpercre emelve a mérési időt a kén mérhetővé vált (1. táblázat). Ha a mérést ugyanazon a helyen először rövid (nagyvirágos láda-előlap 513., 62 s), majd másodszor hosszú (514., 144 s) mérési idővel végeztük, akkor először $S < \text{LOD}$ -ot, másodszor 0,4% kén kaptunk (lásd 1. táblázat). A többi tárgy mérési helyein döntően 60 s körüli mérési időt alkalmaztunk, ami – a vizsgálataink idején még nem volt ismeretes számunkra, de most már tudjuk – nem volt elég a kén kimutatásához, ezért ezeknél természetesen $S < \text{LOD}$ -ot kaptunk, tehát ha volt is ott kén, nem volt mérhető.

Összefoglalva megállapítható, hogy legtöbbször a 60s körüli mérési idő mellett TestAll Geo beállítással a kén koncentrációjára a műszer a detektálhatósági határ alatti ($S < \text{LOD}$) értéket ad, akkor is, ha a mérési területen a kén nem túl nagy koncentrációban, de jelen van. Vagyis a kén

1. táblázat. A kén kimutathatósága pXRF-el a mérési időtől, az ólomtartalomtól és a műszer beállításától függően.

A mérés jelzete	Mérési idő (s)	Kéntartalom (%)	Ólomtartalom (%)	Thermo Niton XL3t kalibrációs modelljének beállítása	Szín
453.	122 s	9,8%	0,05%	Mining	Vörös – kén kimutatható
460.	98 s	4,6%	0,003%	TestAll Geo	Sárga (auripigment) – kén kimutatható
479.	93 s	17,8%	0,2%	TestAll Geo	Fehér alapozás – kén kimutatható
481.	122 s	1,2%	0,9%	TestAll Geo	Fehér alapozás – kén kimutatható
513.	62 s	<LOD	0,008%	TestAll Geo	Fehér inda kén nem mutatható ki
514. (513. helyén újra)	144 s	0,4%	0,008%	TestAll Geo	513. helyén újra, hosszú idővel mérve megjelent a kén
517.	144 s	<LOD	0,006%	TestAll Geo	Fehér vonal – kén nem mutatható ki

jelenléte $S < \text{LOD}$ jelzés ellenére sem zárható ki. Alapozásoknál, fehér színű festésnél, valamint világos kevert színeknél fennállhat gipsz jelenléte, tehát ezeknél hosszú mérési időt (150 s) kell alkalmazni. A kén több fontos pigment alkotóeleme is – pl. auripigment (As_2S_3), valamint cinóber (HgS) – ezek feltételezése esetén a kén kimutatására szintén hosszú mérési idő javasolt.

Kén-ólom probléma

Mint már a tanulmány elején említettük, ha a mérendő helyen kén és ólom együtt található, a kénre jellemző spektrumvonal átfed az ólom egyik vonalával, emiatt ennek a két elemnek egymás melletti meghatározása pXRF-el bizonytalan. Ilyenkor szintén segíthet az ugyanazon a helyen hosszabb (pl. kétszeres vagy háromszoros) mérési idővel megismételt mérés (pl. ólomfehér és gipsz együttes jelenlétekor (lásd 1. táblázat 513. és 514.).

Úgy tapasztaltuk, hogy nagy kén tartalmú mérési helyeken hosszú mérési időt alkalmazva valamennyi ólom kimutatható, de nem biztos, hogy valós koncentrációban (1. táblázat).

Cinóber probléma

A vizsgált festett tárgyakon és időperiódusban gyakori vörös pigmentnek bizonyult a cinóber (HgS). Ha a pXRF műszer vörös festésű területen higanyt mutat ki, az egyértelműen bizonyítja a cinóber jelenlétét, viszont ugyanott kén is kellene detektálnia, tekintettel arra, hogy a kén a cinóber másik alkotóeleme, viszont ez többnyire nem történik meg. Cinóberben gazdag mérési helyeken, ahol a műszer TestAll Geo beállítással nagy mennyiségű higanyt mutatott ki (469-472. mérések a kis laptékan), kénre $S < \text{LOD}$ -ot kaptunk, pedig a kén biztosan jelen

volt. Tehát ez a beállítás kénre elég érzéketlen. Megjegyzendő, hogy ugyanezek a helyeken a mérések szerint nagy mennyiségben volt jelen Hg, Pb, As és Ca is. Valószínűleg ez utóbbi elemek és a S együttese jelenléte miatt a spektrumvonalak többszörös átfedése okozhatja a problémát, hasonlóan a korábban vázolt ólom-kén kimutatásnál leírtakhoz. Cinóberre kipróbáltuk a Mining és a TestAll Geo kalibrációs beállítások közötti érzékenységi különbséget. A TestAll Geo beállítás jelentős mennyiségű higanyt mutatott ki, viszont kénre S<LOD-ot kaptunk. A Mining higanyt nem mutatott ki, viszont rengeteg ként talált. A mérések alapján valószínűleg a TestAll Geo beállítás érzékenyebb higanyra, míg a Mining kénre.

2.2 A mérési helyek, a kimutatott elemek és a feltételezett pigmentek részletes leírása és értékelése

A következőkben ismertetjük a Thermo Niton XL3t pXRF készülékkel, TestAll Geo kalibrációs beállítással vizsgált bútorok, a látható színek szerinti mérési helyeinek részletes leírását, a rétegfelépítést, az alkalmazott mérési időt, a kimutatott legfontosabb elemeket és azok koncentrációját, valamint a feltételezett pigmenteket (2.2.1.-2.2.5. fejezetek). Az eredményt összesítve táblázatos, könnyebben átlátható formában is közzétesszük (2. táblázat). Ebben a mérések sorszáma nem a számok növekvő sorrendjét követi, mert a könnyebb értelmezhetőség miatt egymás mellé helyeztük a hasonló mérési helyeket.

Az alábbiakban alapozausként említjük a fehéres színű (gesso jellegű), főként gipszet, krétát vagy meszet és kötőanyagot (többnyire enyvet) tartalmazó, közvetlenül a fára felvitt réteget, alapszínként pedig a közvetlenül a fafelületre, vagy az alapozásra festett többnyire színes festést, ami főként a mezőknél és keretezéseknél jelentkezik. GvK/M rövidítést használunk a gipsz vagy kréta/mész tartalom jelölésére, a kérdőjel (?) bizonytalanságot, a (+) hozzáadást, keverést jelöl. A számok az egyes mérési helyeket mutatják.

2.2.1. Nagyvirágos ládaelölap, évszám nélkül, 1680-1720

A ládaelölap pXRF vizsgálata a restaurálatlan, lakkozás nélküli felületén történt (2. kép).

Alapozás: nincs, a festést közvetlenül a fára vitték fel.



2. kép. Nagyvirágos ládaelölap, kb. 1670-1720. Mérési helyek balról jobbra: bal felső sarokban: 518.; 519.; a bal oldali mező mellett: 517.; jobb oldali mező felett: 516.; mezőben: 511.; 512.; 513.; 514.; 515.

Mezők és keretező sávok alapszíne: a festés közvetlenül a fára készült. A központi két mező körüli zöldes-kékes keretezés (részletesen lásd 519.): *auripigment* (As_2O_3) + *szerves kék* (*indigó?*) keveréke. A mezők sötét vörösbarna alapszíne (részletesen lásd 515.): *sötétvörös okker* (vasoxidvörös). Ezekre festették a virágokat és egyéb motívumokat.

GvK/M (gipsz vagy kréta/mész) helyzet:

A tárgyon hosszabb idővel (144 s) két helyen mértünk ként eredménnyel fehér színben (514., 517.). Az összes többi mérési pontban rövid mérési idővel (60 s körüli) kénre S<LOD értéket kaptunk, viszont kalcium nagy mennyiségben kimutatható volt, ezért feltételezhető, hogy a GvK/M a többi helyen is inkább gipsz, mint kréta/mész (lásd 2.1. Kén kimutatása).

Vörös

511. Vörös tulipán, a jobb oldali vörös okker színű nagy mező jobb felső sarkában. Tónusában azonos 516.-al, (mérési idő 60 s): *minium* (4,4% Pb) + *auripigment* (1% As) + *vörös okker* (vasoxidvörös) (1% Fe) + *GvK/M* (2,8% Ca, S<LOD), valószínűleg *gipsz* (lásd 514., 517.). A mért vas egy része feltehetően a virág vörös színének sötétítésére a miniumhoz és auripigmenthez hozzákevert vörös okkerből, másik része a tulipán alatti mező sötétvörös okker alapszínéből származik. Mérve még: 0,01% Hg, tehát cinóber alig volt jelen.

Összegezve: minium + auripigment + vörös okker(?) (vasoxidvörös) + GvK/M, valószínűleg gipsz.

516. Vörös kör fehér gyűrűvel, a jobb oldali nagy mező bal felső sarka fölött, a zöldes-kékes keretsávon. Tónusában azonos 511.-el, (mérési idő 61 s): *minium* (2,6% Pb) + *auripigment* (2,6% As) hozzákeverve *GvK/M* (9,3% Ca, S<LOD), valószínűleg *gipsz* (lásd 514., 517.) + kevés *vörös okker* (0,2% Fe). Itt nincs alatta vörös okker alapszín, mint az 511. mérési hely esetében, ezért a vörös festékbe kellett belekeverjék.

Összegezve: auripigment + minium + GvK/M, valószínűleg gipsz + kevés vörös okker.

515. Sötét vörösbarna, a mező háttérszíne (mérési idő 60 s): *sötétvörös okker* (vasoxidvörös) (1,3% Fe) + *GvK/M* (1,3% Ca, S<LOD), valószínűleg *gipsz* (lásd 514., 517.). Mérve még: Hg<LOD, 0,006% Pb.

Összegezve: sötétvörös okker (vasoxidvörös) + GvK/M, valószínűleg gipsz.

Sárga

512. Sárgásbarna nagy tulipán a jobb oldali mező közepén, alatta sötétvörös okker háttérszín (mérési idő 62 s): *auripigment* (1,6% As) + *sárga(?)* vagy *vörös okker* (1,5% Fe), a mért vas egy része származhat a tulipán alatti mező sötétvörös okker (vasoxidvörös) alapszínéből is + *GvK/M* (1,5% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 514., 517.).

Összegezve: *auripigment* + *sárga* vagy *vörösokker* + *GvK/M*, valószínűleg gipsz.

Fehér

513. Fehér inda a jobb nagy mező nagy tulipánjának közepétől jobbra a sötét vörösbarna háttéren (mérési idő 62 s): *GvK/M* (9,4% Ca, S<LOD), alatta sötétvörös okker (vasoxid vörösön) (0,8% Fe). Ezzel a mérési idővel kén nem volt kimutatható, de ugyanezen a helyen hosszabb idővel (144 s) már igen, tehát a fehér pigment *gipsz* (lásd 514.). Mérve még: 0,1% Ti.

Összegezve: E mérés szerint *GvK/M*, a következő, hosszú idővel végzett mérés szerint pedig *gipsz*.

514. Fehér inda az 513. helyen újramérve hosszabb idővel (mérési idő 144 s): a kén már kimutatható, ezért *gipsz* (9,5% Ca és 0,4% S) + *kvarc* (homok, kovaföld, SiO₂) (0,7% Si), alatta sötétvörös okker (vasoxidvörös) réteg (0,8% Fe). Mérve még: 0,1% Ti.

Összegezve: *gipsz* + *kvarc* (homok, kovaföld).

517. Fehér vonalazás, ami a sötét vörösbarna nagy mezőt választja el a zöld keretsávtól, a jobb vörösbarna mező bal felső sarkában (mérési idő 144 s): kénre hosszú idővel mérve *gipsz* (7,5% Ca, 0,9% S) + *kvarc* (SiO₂: homok vagy kovaföld), (1,0% Si). A 8 mm átmérőjű mérési felület miatt a készülék a vörösbarna és a zöldes-kék mezőt is mérhette (0,2% Fe, 0,5% As). Mérve még: 0,1% Ti.

Összegezve: *gipsz* + *kvarc* (homok, kovaföld).

Zöldes-kék

519. Zöldes-kékes (vékony, fakult) *alapszín* közvetlenül a fára festve, a ládaelöláp széles keretezése a két központi mező körül (mérési idő 62 s): *auripigment* (0,6% As) + *szerves kék* (*indigó?*) + hozzá keverve *GvK/M* (1,1% Ca, S<LOD), valószínűleg *gipsz* (lásd 514., 517.). A mért 0,01% Pb és 0,1% Fe, mennyisége alapján szennyeződés.

Összegezve: *auripigment* + *szerves kék* (*indigó?*) + az *indigóhoz* fixáló/töltőanyagként fehér pigment: *GvK/M*, valószínűleg *gipsz*.

Fekete

518. Fekete levél a zöldes-kék keretsávon (519.) (mérési idő 61 s): szén alapú festékekkel festve, ami nem ad jelet a pXRF-el. Alatta: *auripigment* (0,6% As) és *szerves kék* (*indigó?*) (lásd 519.), az *indigóhoz* fixáló/töltőanyagként fehér pigment: *GvK/M* hozzákeverve (1,4% Ca, S<LOD), valószínűleg *gipsz* (lásd 514., 517.). Mérve még: 0,3% Fe.

Összegezve: *szénfekete* + *gipsz(?)*, esetleg *magnetit(?)* (Fe²⁺Fe₂³⁺O₄).

2.2.2. Kis laptéka, vár/templomábrázolással, 1769-es évszámmal

A téka pXRF vizsgálata restaurálás előtt a sötét, előregegett lakkréteggel fedett felületen történt (3. kép).

Alapozás: nincs, a festést közvetlenül a fára vitték fel.

Mezők és keretező sávok alapszíne: a tékalapon a hátér- (alap-) színek közvetlenül a fára festve, majd erre kerültek a díszítések: zöldes-kékes (*auripigment* + *szerves kék* (*indigó?*)) (+ az *indigóhoz* fedőanyagként ólomfehér és fixáló/töltőanyagként fehér pigment *GvK/M*), (lásd 475., 477., 487.).

GvK/M (gipsz vagy kréta/mész) helyzet: a kis laptékán két helyen (479., 481.) hosszabb mérési idővel (93 s, 122 s) ként mutattunk ki a fehér színben, ezért valószínűleg *gipsz* van az összes mérési helyen is, ahol rövid (60 s körüli) mérési idővel kalcium volt kimutatható, annak ellenére, hogy a műszer S<LOD értéket mért.

Vörös

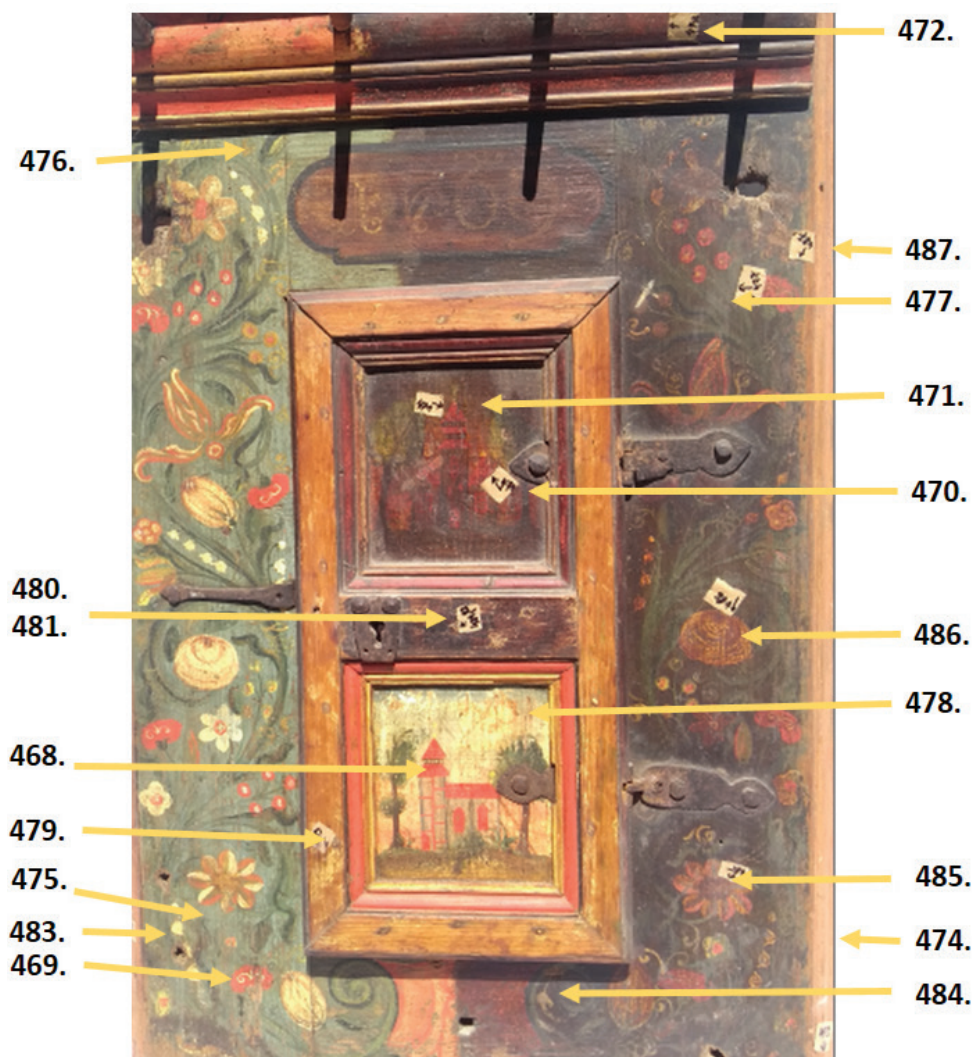
468. Vörös, a toronytető alsó szintje az ajtó alsó kazettájában (mérési idő 63 s): *mínium* (2,4% Pb) + *auripigment* (1% As, 0,1% S) + *GvK/M* (3,5% Ca, 0,1% S), valószínűleg *gipsz* (lásd 479., 481.). Ez utóbbi vagy a vörösbe volt belekeverve, vagy az alatta levő alapszínből származhat. Érdekes, hogy a Hg<LOD miatt cinóber itt nincs a vörösben, míg a felső kazetta mindkét vörös festékében nagy mennyiségben jelen van.

Összegezve: *mínium* + *auripigment* + *gipsz(?)*.

470. Vörös templomtető az ajtó felső kazettájában a vasalat mellett (mérési idő 62 s): *cinóber* (7% Hg, S<LOD) + *mínium* (1,5% Pb) + *auripigment* (0,6% As) + *GvK/M*, valószínűleg *gipsz*, (lásd 479., 481.), (2,8% Ca, S<LOD), részben a vörösbe belekeverve, részben az alatta levő fehér alapszínből származik.

Összegezve: *cinóber* + *mínium* + kevés *auripigment* + *gipsz(?)*.

471. Vörös a toronysapka tetején, az ajtó felső mezőjében (mérési idő 61 s): *cinóber* (3,1% Hg, S<LOD) (valószínűleg rövid volt a mérési idő) + *mínium* (1,4% Pb) + *auripigment* (0,4% As) + *GvK/M* (2,9% Ca, S<LOD),



3. kép. Kis laptéka vár/templomábrázolással, 1769, mérési helyek.

valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.), ami részben a vörösbe belekeverve, részben az alatta levő fehér alapszínből származik.

Összegezve: cinóber + minium + auripigment + gipsz(?).

469. Vörös, szegfű a tékalap bal alsó sarkában (mérési idő 62 s): cinóber (7,0% Hg) + kevés minium (0,9% Pb) + kevés auripigment (0,4% As) + fehér pigment GvK/M (3,8% Ca, S<LOD) valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.), ami részben a vörösbe belekeverve, részben az alatta levő zöldes-kékes alapszínből (475, 477, 487) származik. Ez alatt nincs a fán fehér alapozóréteg. A ként, mint a cinóber, az auripigment és a gipsz alkotórészét, feltehetőleg a kis mérési idő miatt nem lehetett kimutatni.

Összegezve: cinóber + kevés minium + kevés auripigment + fehér pigment: gipsz(?).

472. Vörös a téka felső, keresztirányú, ívelt részén a bokályasztó faszegek között jobb oldalon. A vörös festés két rétegből (árnyalatból) áll. Az alsó (alapszín) világosabb narancsos vörös, ebben több minium lehet, erre tüzes, sötétebb élénkvróssal – amiben arányában több lehet a cinóber – márványoztak (mérési idő 61 s): cinóber (0,9% Hg) + minium (1,8% Pb) + auripigment (0,5% As) + fehér pigment GvK/M (4,0% Ca, S<LOD), valószínűleg

gipsz (lásd 479., 481.). Mivel a fán itt nincs, fehér alapszín, ezért a GvK/M-t más pigmentekkel együtt keverték össze.

Összegezve: cinóber + minium + auripigment + gipsz(?).

474. Vörös alapszín (világos, sápadt narancssárgás) a jobb oldalsó profillécen (mérési idő 61 s): minium (2,9% Pb) + auripigment (0,6% As, S<LOD) + GvK/M (4% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.). A profillécen nincs a vörös alatt más réteg, ezért a gipszet(?) a vörösbe keverhették világosabb szín elérése céljából. Mérve még: 0,03% Hg, de a rendkívül kis mért mennyiség alapján feltehetően cinóbert nem keverték a kevésbé látható, a téka oldalán levő profilléc festékébe, hanem a jóval olcsóbb miniumot alkalmazták.

Összegezve: minium + auripigment + gipsz(?).

Zöldes-kékes

487. Zöldes-kékes, a tékalap alapszíne, a jobb felső sarokban a szegfű fölött. A tékalapon nincs fehér alapozóréteg, vagy alapszín a zöldes-kék alapszín közvetlenül a fára festették, és erre a mintákat (mérési idő 61 s): auripigment (0,3% As) + szerves kék (indigó?) + fedőanyag-

ként ólomfehér (0,9% Pb) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M (6,9% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.).

Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment gipsz(?).

475. Zöldes-kékes, a tékalap alapszíne a lekopott sárga virág mellett, (mérési idő 61 s): *auripigment* (0,8% As) + *szerves kék* (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér (1,3% Pb) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M (6,1% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.).

Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: gipsz(?).

477. Zöldes-kék, a tékalap alapszíne, a téka jobb felső sarkában (mérési idő 62 s): *auripigment* (0,3% As) + *szerves kék* (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér (0,6% Pb) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M (5,4% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.).

Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: gipsz(?).

476. Zöldes-kék levél, a téka bal felső sarkában. A motívumnak egy világosabb és egy sötétebb része van. A világos a téka alapszínénél (lásd 475.) világosabb, míg a sötét az alapszínénél jóval sötétebb, szinte már feketés zöld. A mérés a levél világosabb részén történt, (mérési idő 61 s): *auripigment* (1,3% As) + *szerves kék* (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér (0,7% Pb) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M (2,9% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.).

Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: gipsz(?)

Fehér

479. Fehér alapszín maradvány az ajtó lekopott keretének bal oldalán (mérési idő 93 s): *gipszes* alapszín (6,8% Ca és 17,8% S) + ólomfehér (0,2% Pb).

Összegezve: gipsz + kevés ólomfehér.

480. Fehér alapszín maradvány a két ajtó középső elválasztó lécnén, erős, szinte fekete szennyeződés takarja (mérési idő 61 s): GvK/M (7,3% Ca, S<LOD). Egyéb: ólomfehér (0,3% Pb).

Összegezve: GvK/M, de a 479. és 481. alapján inkább gipsz + kevés ólomfehér.

481. Fehér alapszín maradvány az ajtó középső, elválasztó lécnén (a 480.-al azonos helyen, hosszabb idővel) (mérési idő 122 s): *gipsz* (4,7% Ca és 1,2% S) + *kvarc* (homok) (1,6% Si) + ólomfehér(?) (0,9% Pb). Egyéb: 0,2% As, 0,4% Fe, feltehetőleg lekopott festésmaradványból. Összegezve: gipsz + kvarc (homok, kovaföld) + ólomfehér.

483. Fehér gyöngyvirág (sárgás), alatta zöldes-kékes alapszín, a tékalap jobb alsó sarkában (mérési idő: 62 s): sok GvK/M (10,1% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.) + sok ólomfehér (4,3% Pb). Benne vagy alóla: auripigment (0,9% As).

Összegezve: sok GvK/M valószínűleg gipsz a 479. és 481. alapján + sok ólomfehér.

484. Fehér (sárgás) nyílserű, visszaforduló *indalevél*, a tékalap alsó összekötő deszkájának középső, tenyérnyi, vörös mezejétől jobbra. Egy részén áttetszik a zöldes-kékes alapszín, (mérési idő: 61 s): valószínű, hogy fehér pigmenttel világosított illetve auripigmenttel sárgított zöldes-kék alapszín: GvK/M (3,9% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.) + *auripigment* (1,2% As) + ólomfehér (1,1% Pb). Vesd össze 476.-al.

Összegezve: zöldes-kék alapszín + fehér pigment: ólomfehér + GvK/M, gipsz(?) + auripigment.

478. Fehér az alsó ajtón a templom felett (rajta kopott zöldes-kékes ég), helyenként lekopva az ajtón levő fehér alapszínig (mérési idő 62 s): GvK/M (8,8% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.) + ólomfehér (0,8% Pb) + kevés *auripigment* (0,2% As) + fehér pigmenttel fixált *szerves kék* (indigó).

Összegezve: gipszes alapszín (lásd 479.: gipsz + kevés ólomfehér) a tékalap zöldes-kékes alapszínéhez használt festékből az ég (lásd 487.: auripigment + szerves kék (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M gipsz(?).

Barna

485. Barna, margaréta közepének lazúros árnyalása a tékalapon, az ajtótól jobbra (mérési idő 63 s): égetett umbra (0,2% Fe). Az alatta levő margarétából és a téka zöldes-kék alapszínéből: *auripigment* (3,6% As), GvK/M (3,6% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.), ólomfehér vagy minium (0,9% Pb), cinóber (0,6% Hg, S<LOD).

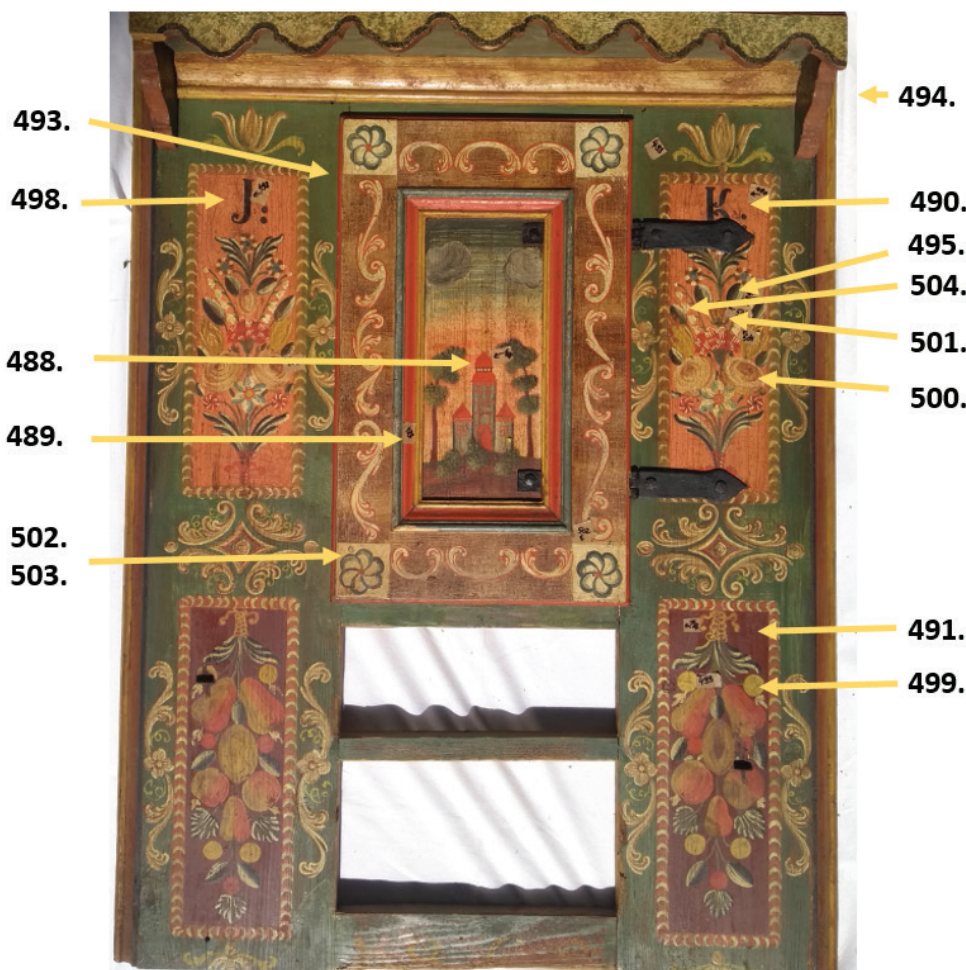
Összegezve: égetett umbra.

486. Barna, a sárga rózsá közepének, lazúros árnyalása, a tékalapon az ajtótól jobbra (mérési idő 61 s): égetett umbra (0,1% Fe). Az alatta levő sárga rózsából és a téka zöldes-kék alapszínéből: *auripigment* (0,8% As), GvK/M (4,7% Ca, S<LOD), valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.), ólomfehér (3,9% Pb).

Összegezve: égetett umbra.

2.2.3. Nagy laptéka vár/templomábrázolással, 180(3?)

A pXRF vizsgálatot az 1800-as évek elején készült tékán már annak restaurált állapotában végeztük (4. kép). Ez talán lehetséges magyarázatot ad a titán jelenlétére a mérésekben. A szintetikus TiO₂ csak az 1900-as évek elején jelent meg, korábban nem kizárt a természetes TiO₂, aminek festékként való használata azonban igen ritka. A természetes és a szintetikus kérdés eldöntése a legegyszerűbben röntgendiffrakciós (XRD) vizsgálattal lehetséges.



4. kép. Nagy laptéka vár/templomábrázolás, 180(3?), mérési helyek.

A titán kérdés részletes kifejtését lásd a 2.4. A pigment-vizsgálatok kiértékelése című fejezetnél.

Alapozás: nincs, a festést közvetlenül a fára vitték fel. 1-8% Ca kimutatható mindegyik mérési helyen, valószínűleg gipszet vagy krétát/meszet keverték a különböző színekbe.

Alapszín és mezők színe: a fára közvetlenül zöld (kékes árnyalatú) réteget vittek fel alapszínnek és erre festették a mintákat. Az alapszín alkotói: auripigment + szerves kék (indigó?) + fedőanyagként ólomfehér, valamint az indigót fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M (lásd 493). Ezen a tárgyon a virágos két felső mező hússzínű háttére vörös (cinóber és minium) + GvK/M (lásd 490.). A két alsó, gyümölcsös mező háttérszíne sötétvörös okker (vasoxidvörös) (lásd 491). A téka minden mérési pontján 60 s körüli mérési időt alkalmaztunk, ezért ahol S<LOD, szerintünk az eredmény nem megbízható, és nem zárja ki azt a lehetőséget, hogy ott kén jelen van.

GvK/M (gipsz vagy kréta/mész) helyzet: 60 s körüli mérési idővel ként nem sikerült kimutatni (S<LOD), hosszú idejű mérés (100 s feletti) nem történt a tárgyon, ezért nem dönthető el biztonsággal, hogy a GvK/M lehet-e gipsz.

Vörös

488. Vörös, a templom toronysisakján, alatta rózsaszín márványozott ég (mérési idő: 65 s): cinóber (1,5% Hg) + GvK/M (1,3% Ca, S<LOD) + minium (0,2% Pb). Mérve még: 0,4% Ti.

Összegezve: cinóber + minium + GvK/M + auripigment (0,08% As, elenyésző).

489. Vörös, az ajtókeret belső profillécén (mérési idő 62 s): cinóber (0,9% Hg) + minium (1,1% Pb) + GvK/M (1,5% Ca, S<LOD) + auripigment (0,3% As).

Összegezve: cinóber + minium + auripigment + minium + GvK/M.

492. Vörös, a téka felső részén (a 4. képen nem látható), a felső polc feletti vastag, ívelt profilléc háromszögszerű vörös márványozott mintája, alatta világosabb vörös réteg (mérési idő: 62 s): cinóber (1,2% Hg) + minium (0,07% Pb) + GvK/M (3,2% Ca, S<LOD) + auripigment (0,03% As). Mérve még: 0,3% Ti. A minium és az auripigment elenyésző mennyiségben.

Összegezve: cinóber + GvK/M.

490. Hússzín, a két virágos mező háttérszíne, a „K” monogramtól jobbra (mérési idő: 61 s): vörös + fehér keveréke: cinóber (0,3% Hg) + minium (0,2% Pb) + sok GvK/M (5,7% Ca, S<LOD). Kevés auripigment (0,07% As). Összegezve: cinóber + minium + sok GvK/M.

491. Sötét vörösbarna a két gyümölcsös mező háttérszíne (mérési idő: 61 s): *sötétvörös okker* (vasoxidvörös) (1,7% Fe) + *GvK/M* (1% Ca, S<LOD).
Összegezve: sötétvörös okker (vasoxidvörös) + *GvK/M*.

Sárga

499. Sárga virág a jobb gyümölcsös mező vörös okkeres háttérszínén (mérési idő: 60 s): *auripigment* (1,6% As). Alatta sötétvörös okkeres réteg (1,0% Fe) + *GvK/M* (1,9% Ca, S<LOD).
Összegezve: auripigment + *GvK/M*.

Fehér

502. Fehér, késsel kontúrozott, bal felső forgórózsa alatti *háttérmező* (mérési idő: 30 s): 0,2% Pb, 1,9% Ti *természetes v. szintetikus titánfehér* (TiO₂). A kalcium a rövid mérési idő miatt nem jelent meg. A szintetikus titánfehér csak az 1900-as évek elején kerül forgalomba, korábban csak természetes lehetett. Annak eldöntése, hogy természetes vagy mesterséges titándioxid van jelen, röntgendiffrakciós (XRD) vizsgálat szükséges.
Összegezve: titánfehér + *GvK/M* (lásd 503.).

503. Fehér mező, ugyanott, mint 502. csak a mérési idő: 62 s): *GvK/M* (5,1% Ca, S<LOD), itt a mérés már jelentős mennyiségben jelezte a Ca-t + *természetes(?) titánfehér* (TiO₂) (1,3% Ti), + ólomfehér (0,2% Pb).
Összegezve: természetes(?) titánfehér + *GvK/M* + ólomfehér(?).

504. Fehér gyöngyvirág a „J” monogramos mezőn (mérési idő: 61 s): *titánfehér* (1,1% Ti). Alatta hússzín (lásd 490.) vörös + fehér keveréke, cinóber (0,3% Hg) és ólomfehér vagy minium (0,8% Pb) + *GvK/M* (3,9% Ca). Mérve még: 0,2% As.
Összegezve: titánfehér + *GvK/M* + ólomfehér.

Zöldes-kékes

493. Zöldes-kékes, a téka alapszíne az ajtó fölött (mérési idő: 62 s): *auripigment* (0,8% As) + *szerves kék* (indigó?) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: *GvK/M* (1,2% Ca, S<LOD).
Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + az indigót fixáló/töltőanyagként fehér pigment: gipsz vagy kréta/mész.

494. Zöld-kékes, a téka oldalán (mérési idő: 62 s): *auripigment* (0,6% As) + *szerves kék* (indigó?) + az indigót fixáló/töltőanyagként fehér pigment: *GvK/M* (6% Ca, S<LOD), valamint 0,3% Ti.
Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: gipsz vagy kréta/mész.

495. Zöld-kékes, sötétzöld a levélben (mérési idő: 61 s): *auripigment* (0,2% As) + *szerves kék* (indigó?) + az indigó fixáló/töltőanyagként fehér pigment: *GvK/M* (8% Ca, S<LOD). Alatta és mellette hússzín (vörös + fehér keve-

reke: cinóber (0,2% Hg, S<LOD?) és minium (0,3% Pb) + *GvK/M* (8% Ca, S<LOD). Megemlítendő, hogy ehhez a mintához képest a másik két zöld (kékes) (lásd 493., 494.) esetében az ólomtartalom elenyésző.

Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + hozzá fedőanyagként ólomfehér + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: gipsz vagy kréta/mész.

Barna

500. Barna vékony árnyalás a sárgásfehér rózsában, helyenként áttetszik az alatta levő hússzínű mező (lásd 490.) (mérési idő: 62 s): *szerves festék,* alatta a sárga rózsza (auripigment 0,2% As, *GvK/M* 2,4% Ca) és az alatt hússzín: (0,2% Hg cinóber, 0,6% Pb minium). Mérve még: 1% Ti.

Összegezve: szerves barna?

501. Barna árnyalás a sárga rózsabimbón (mérési idő: 60 s): *szerves barna?* Alatta a sárga rózsza (auripigment 0,2% As, *GvK/M* 4,1% Ca) és az alatt hússzín: (0,2% Hg cinóber, 0,6% Pb minium). Mérve még: 0,9% Ti.
Összegezve: szerves barna(?).

Fekete

498. Fekete, „J” monogram (mérési idő: 61 s): A szén nem ad pXRF jelet, viszont egyéb elem sem volt kimutatható, ezért *szénfekete* (korom).

2.2.4. Fogas vár/templomábrázolással, készült az 1820-as években

A pXRF mérést a restaurálatlan tárgyon végeztük, amelyen kis foltokban lakkréteg maradvány található (5-6. kép). A fogason az évszám jegyeit az egyes mezők közé festették fel, az utolsó számjegyet tartalmazó részt egykor levágták.

Alapozás: nincs, a festést közvetlenül a fára vitték fel.

Mezők és keretező sávok alapszíne: a fogas lapjának a keretezése zöld-kékes alapszínű (lásd 461., 463.) auripigment + szerves kék (indigó?) + az indigóhoz fixálóanyagként/töltőanyagként fehér pigment: *GvK/M*. A fogasra öt mezőt festettek (balról jobbra): 1. Virágok feketés háttérszínén, 2. Gyümölcsök fehéren, 3. Vár/templomábrázolás fehér háttéren, vörös és zöldeskék csíkozású éggel, 4. Virágok feketés háttérszínén, 5. Vár/templomábrázolás fehér háttéren, vörös és zöldeskék csíkozású éggel. A fogas mindkét végéből korábban levágtak.

GvK/M (gipsz vagy kréta/mész) helyzet: A gipsz, kréta és mész közös alkotó eleme a kalcium. Csaknem mindegyik mérési helyen pár százaléknyi kalciumot lehetett kimutatni, esetenként ennél jóval többet is. Az említett három közül a gipsz azonosítható, ha ugyanott kén is kimutatható, amennyiben más kéntartalmú pigment ugyanott nincs jelen.



5. kép. Fogas és részletei vár/templomábrázolással, 1820-as évek.



6. kép. Fogas és részlete vár/templomábrázolással, 1820-as évek. Négy mérési hely papírszalaggal jelezve, balról jobbra: 461.; 463.; 465. (a felső sávban); 464.

Fehér színt a tárgyon csak egy helyen (466.) mértünk rövid idővel (62 s) és itt ként nem találtunk. Hosszú (90 s feletti) mérési időt négy helyen alkalmaztunk, ebből két helyen mutattunk ki ként (453. vörös szín: 9,8% S és 460. sárga szín: 4,6% S). A két helyen azonosított cinóbervörös és auripigment tartalmaz szerkezeti alkotóelemként ként, tehát a jel innen származik. Ha sok kalciumot és ként találtunk, az utalhat arra, hogy a színeket derítették (keverték) fehér pigmenttel, mint feltehetőleg esetünkben a cinóbervöröset és az auripigmentet. Másik két helyen: 456. (sárga) és 465. (kék) a hosszú idő ellenére sem találtunk ként.

A fogason mért eredmények alapján egyértelműen nem jelenthető ki, hogy pontosan honnan származik a kén, valamint hogy a fehér szín/pigment gipsz, kréta vagy mész közül melyik lehet. Ezért az eredményt GvK/M-el jelöljük (lásd még 2.1. Kén kimutatás).

Vörös

454. Vörös, a körte vörös fele a fehér alapszínű 2. mezőben (mérési idő: 61 s) TestAll Geo beállítással: cinóber (3,2% Hg), alatta sárga auripigment (0,4% As). Egyéb elemek: 0,06% Fe, GvK/M (2% Ca, S<LOD) és 0,03% Pb. Összegezve: cinóber + az alapszínből „átlátszik”, vagy a vörös cinóberhez keverve auripigment, valamint még GvK/M.

453. Vörös toronycsúcs a 3. mezőben az ég csíkozásának kékes-zöld sávján. Színe és tónusa ugyanolyan, mint a 454. Ezért a 453.-nál a cinóber jelenléte feltételezhető. A 453. mérési helynél más, Mining beállítást használtunk (mérési idő: 122 s): ez nem mutatta ki a cinóberből a higanyt az alkalmazott mérési idővel, viszont rengeteg ként (9,8% S) detektált (a sok kén a gipszből és a cinóberből származhat). Alatta fehér alapszín: gipsz + kvarc (homok, kovaföld) (3,3% Ca, 1,0% Si).

Összegezve: cinóber + alapszínből „átlátszik” vagy a vörös cinóberhez keverve: GvK/M + kvarc (homok, kovaföld).

Sárga

455. Sárga, a körte fele a 2. fehér alapszínű, gyümölcsös mezőben (mérési idő: 63 s): *auripigment* (1,2% As) és alatta a mező fehér alapszíne GvK/M. Ez utóbbi egy része lehet az auripigmenthez is keverve: 5,6% Ca, S<LOD.

Összegezve: auripigment + GvK/M.

456. Sárga tulipánrész a fekete alapszínű 1. mezőben (mérési idő: 93 s): *auripigment* (1,7% As) + hozzákeverve a GvK/M (5,9% Ca, S<LOD), alatta a mező fekete alapszínéből (0,8% Fe, magnetit $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$).

Összegezve: auripigment + GvK/M.

460. Sárga ikertulipán, a fogas bal oldali, vágott végén, a zöldes-kékes keretezésen (mérési idő: 98 s): *auripigment* (2,2% As, egy része a tulipánból, az auripigmentből, másik része a zöldes-kékes keretezésből) + GvK/M (3,8% Ca, 4,6% S, szintén mindkét helyen). A kvarc (homok, kovaföld) (0,5% Si) valószínűleg csak a zöldes-kékes rétegben van. A kiemelkedően sok, 4,6% kén nagy valószínűséggel nemcsak az auripigmentben levő kénből származik, hanem gipsz jelenlétét is feltételezi.

Összegezve (tulipán): auripigment + GvK/M.

Fehér

466. Fehér alapszín a 2. gyümölcsös mező jobb, felső sarkában (mérési idő: 62 s): GvK/M (9,1% Ca, S<LOD).

Összegezve: GvK/M.

Zöldes-kékes

461. Zöld-kékes a keretezés alapszíne az 1. és 2. mező között, az ikertulipántól balra (mérési idő: 62 s): *auripigment* (0,4% As) + *szerves kék (indigó?)* + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M (5,4% Ca, S<LOD?), 0,003% Pb és 0,003% Fe csak szennyeződésként, jelentéktelen mennyiségben volt jelen.

Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment GvK/M.

463. Zöld-kékes a keretezés alapszíne az 1. és 2. mező között, az ikertulipántól jobbra (mérési idő: 61 s): *auripigment* (0,2% As) + *szerves kék (indigó?)* + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment GvK/M (6,1% Ca, S<LOD?), 0,001% Pb és 0,003% Fe csak szennyeződésként, jelentéktelen mennyiségben volt jelen.

Összegezve: auripigment + szerves kék (indigó?) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment GvK/M.

Kék

465. Kék, a csipkés, felső tányértartó léc kiugró, alsó, kékre festett részén (mérési idő: 93 s): értékelhető jelet,

csak kalciumra kaptunk (9,7% Ca), (As, Fe, S<LOD), valamint 0,001% Hg és 0,0007% Pb. Ez eltér a többi zöldes-kék szín alkotótól (auripigment + indigó), mert nincs benne auripigment (As<LOD), ami zöldessé tenné a pigmentkeveréket, ezért itt az indigóra jellemző kék szín a domináló. Tehát feltehetően a kék itt *szerves anyag, indigó GvK/M*-re fixálva.

Összegezve: indigókék pigment = szerves kék (indigó?) + fixáló/töltőanyagként GvK/M.

Fekete

464. Fekete pont a 2. gyümölcsös mező sárgadinnyéjén (mérési idő: 61 s): szénfekete(?), a 462. és 467. miatt inkább *magnetit(?)* ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$), (0,03% Fe kevés, de a pont is kicsi). Alatta sárga (auripigment (0,8% As), és alatta a fehér alapszínből 3,8% Ca, S<LOD).

Összegezve: magnetit.

462. Fekete virágszárak és levelek az 1. mező feketés (barnás) háttérére festve (mérési idő: 61 s): *magnetit* ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$) (2,1% Fe). Alatta: 3,9% Ca, S<LOD.

Összegezve: magnetit.

467. Fekete mező, a zöldes-kék keretezés alapszínére festve (mérési idő: 62 s): *magnetit* (1,3% Fe), a fehér alapozásból és a zöldes-kék alapszínből GvK/M (7,3% Ca, S<LOD). Egyéb: 0,7% Ti.

Összegezve: magnetit.

2.2.5. Padláda vár/templomábrázolással, 1836

A pXRF vizsgálatot a tárgy restaurálatlan állapotában végeztük. A festést vastag, erősen előregedett, sötét, feltehetően több lakkréteg fedte (7. kép). Lakklefolysások és beszáradt lakkcseppek találhatóak a pad festett deszkáinak festetlen hátoldalán is.

Alapozás: nincs, a festést közvetlenül a fára vitték fel. 1,6-2,7% Ca (GvK/M fehér pigment) kimutatható volt mindegyik mérési helyen, ennek alapján valószínűsíthető, hogy a fehér pigmentet belekeverték a festékbe, a megfelelő fedőképesség és folyósság elérése céljából.

Mezők és keretező sávok alapszíne: A festett deszkalapon hét mező látható. Ezek balról-jobbra haladva: 1. Sötétvörös barna alapszínen virágcsokor olasz korsóban. 2. Fehér háttérszínen vár/templomábrázolás áttetsző kékes-zöld és vöröses csíkozott éggel. 3. Sárga (barnás) háttéren virágok (7. kép). 4. Zöldes-kékes alapszínen virágcsokor (lásd 509.). 5. Sárga (barnás) háttéren virágok. 6. Vár/templomábrázolás fehér háttérszínen áttetsző kékes-zöld és vöröses csíkozott éggel (7. kép). 7. Sötétvörös barna alapszínen virágcsokor olasz korsóban. A mezők között zöldes-kékes keretezés fogja körbe.

GvK/M (gipsz vagy kréta/mész) helyzet: A mérési idő a tárgy mindegyik mérési helyén 60 s körüli volt, valószínűleg a rövid idő miatt nem sikerült kimutatni ként (S<LOD). Hosszú idejű mérés (100 s feletti) nem történt ezen a tárgyon, ennek következtében nem dönthető el



7. kép. Padláda (1836)

3. és 2. festett mezejének részlete virágcsokor és vár/templomábrázolással, az előregedett lakk eltávolítása közben.

biztonsággal, hogy a GvK/M lehet-e gipsz, ezért jelölése GvK/M(?).

Vörös

505. Vörös, a templom toronysapkája (6. mező jobb oldali templom), alatta zöldes-kékes márványozott ég (mérés idő: 61 s): *cinóber* (1,5% Hg) + *mínium* (0,3% Pb) + *vörös okker* (0,2% Fe) + *GvK/M* (2,3% Ca, S<LOD). Alóla az égből: *auripigment* (0,1% As).

Összegezve: cinóber + mínium + vörös okker + GvK/M.

506. Vörös, az alma vörös fele a körtés-almás keretezésen a 6. mező bal felső sarka fölött (mérés idő: 61 s): *cinóber* (1,2% Hg) + *mínium* (0,2% Pb) + *vörös okker* (0,6% Fe) + *GvK/M* (1,6% Ca, S<LOD). Alatta sárga *auripigment* (1,6% As). Először sárga *auripigment* festették fel az egész gyümölcsöt, majd a felét cinóberrel vörösre.

Összegezve: cinóber + mínium + vörös okker + GvK/M.

507. Sötét vörösbarna, visszaforduló és pontban végződő indadísz a kép jobb felső sarkában a 3. sárgásbarna háttérű mezőn (mérés idő: 60 s): *sötétvörös okker* (vasoxidvörös) (2,5% Fe). Alatta sárgásbarna a mező alapszíne (7. kép): *auripigment* (1,4% As, lásd 508.) + sárga vagy vörös okker (vasoxid sárga vagy vasoxid vörös) + *GvK/M* (2,1% Ca, S<LOD) és ólomfehér vagy mínium (0,2% Pb). *Összegezve*: sötétvörös okker (vasoxid vörös).

Sárga

508. Sárga (kicsit vöröses barnás) háttér, a 3. mező alapszíne (mérés idő: 61 s): *auripigment* (0,7% As, S<LOD) + kevés vörös okker (vasoxidvörös) (0,3% Fe) + *GvK/M* (2,7% Ca, S<LOD).

Összegezve: *auripigment* + vörös okker (vasoxidvörös).

Zöldes-kékes

509. Zöldes-kékes a keretezés alapszíne, az 5. és 6. mezők között a ládára ráhajló tetőlap alatt, ahol nem öregedett annyira az alapszín (mérés idő: 60 s): *auripigment* (0,6% As, S<LOD) + *szerves kék* (*indigó?*) + hozzá fedőanyagként ólomfehér (0,1% Pb, elhanyagolható) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: *GvK/M* (2,5% Ca, S<LOD).

Összegezve: *auripigment* + *szerves kék* (*indigó?*) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M.

510. Zöldes-kékes háttér (mérés idő: 62 s): *auripigment* (0,4% As) + *szerves kék* (*indigó?*) + hozzá fedőanyagként ólomfehér (0,1% Pb, elhanyagolható) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: *GvK/M* (2,3% Ca, S<LOD).

Összegezve: *auripigment* + *szerves kék* (*indigó?*) + az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M.

2.3. A feltételezett pigmentek összesítése tárgyanként és színenként

2. táblázat. A hordozható röntgenfluoreszcens (pXRF) elemanalízissel kapott eredmények alapján feltételezett pigmentek összesítése tárgyanként és színenként. Rövidítések: GvK/M: gipsz vagy kréta/mész; a kérdőjel (?) bizonytalanságot jelez.

Nagyvirágos ládaelőlap 1680-1720 k. restaurálatlan	Kis laptéka, 1769 restaurálatlan	Nagy laptéka, 180(3?) restaurált	Fogas, 182(?) restaurálatlan	Padláda, 1836 restaurálatlan
<i>Alapozás:</i> nincs	<i>Alapozás:</i> nincs	<i>Alapozás:</i> nincs	<i>Alapozás:</i> nincs	<i>Alapozás:</i> nincs
Vörös összesített				
Vörös (511., 516) mínium 2,6-4,4% Pb auripigment 1,0-2,6% As vörös okker (vasoxid-vörös) 0,2%-1,0% Fe GvK/M 2,8-9,3% Ca valószínűleg gipsz (lásd 514., 517.)	Élénkvörös (469., 470., 471.) cinóber 3,1-7% Hg mínium 0,9-1,5% Pb auripigment 0,4-0,6% As GvK/M 2,8-3,8 Ca valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.) hozzákeverve, illetve alóla a fehér alapszínből (lásd 471.)	Élénkvörös (489) cinóber 0,9% Hg mínium 1,1% Pb GvK/M 1,5% Ca	Élénkvörös (453., 454.) cinóber 3,2% Hg (454.) GvK/M 3,3 és 2% Ca kvarc (homok, kovaföld) 1,0% Si (459.)	Élénkvörös (505., 506.) cinóber 1,5% és 1,2% Hg mínium 0,3 és 0,2% Pb vörös okker 0,2 és 6% Fe GvK/M 2,3 és 1,6% Ca
Sötét vörösbarna (515.) sötétvörös okker 1,3% Fe GvK/M 1,3% Ca valószínűleg gipsz (lásd 514., 517.)	-	Sötét vörösbarna (491.) sötétvörös okker 1,7% Fe GvK/M 1% Ca	-	Sötét vörösbarna (507.) sötétvörös okker 2,5% Fe GvK/M 2,1% Ca
-	-	Hússzín (490.): cinóber 0,3% Hg mínium 0,2% Pb GvK/M 5,7% Ca	-	-
Sárga összesített				
Sárgásbarna (512.) auripigment 1,6% As sárga(?) vagy vörös okker 1,5% Fe GvK/M 1,5% Ca valószínűleg gipsz (lásd 514., 517.)	-	Sárga (499.) auripigment 1,6% As GvK/M 1,9% Ca	Sárga (455., 456. 460.) auripigment 1,2-2,2% As GvK/M 3,8-5,9% Ca	Sárga (508.) auripigment 0,7% As GvK/M 2,7% Ca kevés vörös okker 0,3% Fe
Fehér összesített				
Fehér (514., 517.) gipsz 7,5; 9,5% Ca és 0,4; 0,9% S kvarc (homok, kovaföld) 0,7 és 1,0% Si	Fehér alapszín az ajtón és keretén (478., 479., 480., 481.) gipsz 4,7-8,8% Ca és 1,2-17,8% S ólomfehér 0,2-0,89% Pb; kvarc (homok, kovaföld) (481.) 1,6% Si	Fehér (503., 504.) GvK/M 5,1; 3,9% Ca titánfehér(?) 1,3-1,1% Ti	Fehér alapszín, 2. gyümölcsös mező (466.) GvK/M 9,1% Ca	-

Nagyvirágos láda- előlap 1680-1720 k. restaurátlan	Kis laptéka, 1769 restaurátlan	Nagy laptéka, 180(3?) restaurált	Fogas, 182(?) restaurátlan	Padláda, 1836 restaurátlan
	<i>Fehér (sárgás) virág és inda (483., 484.)</i> GvK/M 10,1; 3,9% Ca valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.) ólomfehér 4,3; 1,1 % Ca auripigment 0,9; 1,2% As			
Zöldes-kék összesített				
<i>Zöldes-kékes (519.)</i> auripigment 0,6% As szerves kék (indigó?) és az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M 1,1% Ca valószínűleg gipsz (lásd 514., 517.) ólom gyakorlatilag nincs benne: 0,01% Pb	<i>Zöldes-kékes (475., 476., 487.)</i> auripigment 0,73-1,3% As szerves kék (indigó?) hozzá fedőanyagként ólomfehér 0,7-1,3% Pb és az indigóhoz fixáló/töltőanyagként GvK/M, valószínűleg gipsz (lásd 479., 481.) 2,9-6,9% Ca	<i>Zöldes-kékes (493., 494., 495.)</i> auripigment 0,2-0,8% As szerves kék (indigó?) az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M 1,2-8% Ca S<LOD	<i>Zöldes-kékes (461., 463.)</i> auripigment 0,4 és 0,2% As szerves kék (indigó?) az indigóhoz fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M 5,4; 6,1% Ca ólomfehér fedőanyag nem volt Pb elenyésző: 0,003% és 0,001% Pb	<i>Zöldes-kékes (509., 510.)</i> auripigment 0,6% és 0,4% As szerves kék (indigó?) az indigóhoz fixáló/töltőanyagként: GvK/M 2,5 és 2,3% Ca mindkét esetben 0,1% Pb, ami kevés fedőanyagként, valószínűleg kísérő vagy szennyezőanyag
Kék összesített				
-	-	-	<i>Kék a tányértartó lécs alsó felén, 93s(465.)</i> szerves kék (indigó?) fixáló/töltőanyagként fehér pigment: GvK/M 9,7% Ca	-
Barna összesített				
-	<i>Barna, a virágok lazúros árnyalása (485., 486.)</i> égetett umbra 0,2% és 0,1% Fe	<i>Barna, a virágok lazúros árnyalása (500., 501.)</i> szerves barna(?)	-	-
Fekete összesített				
<i>Fekete (518.)</i> szénfekete és esetleg gipsz 1,4% Ca vagy magnetit(?) 0,3% Fe	<i>Csak keretezéshez és kontúrozáshoz</i> túl vékony, mérés nem történt	<i>Fekete (498.)</i> szénfekete	<i>Fekete pont (464.)</i> szénfekete(?) vagy magnetit(?) 0,3% Fe <i>Fekete (462., 467.)</i> virágszárak és levelek magnetit 2,1% Fe az első fekete alapszínű mezőn magnetit 1,3% Fe	-

2.4. A pigmentvizsgálatok kiértékelése

Az ismertett pXRF elemvizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az öt, festőasztalosok által, Segesvár-Kőhalom környékén az 1680-1836 közötti időszakban készített világi bútor festéséhez a következő pigmenteket használták:

- **Vörös szín:** a legkorábbi bútor, a ládaelölapon (kb. 1680-1720) vörös színe némileg eltér a többitől, ennél a felhasznált pigmentek: *minium + auripigment + vörösokker + GvK/M* valószínűleg *gipsz* (ugyanaz a tárgy fehér festésében kimutatott gipsz alapján (514., 517.) keveréke. A többi bútor élénk-vörös festése színében és összetételében is különbözik az előzőtől, cinóbert tartalmaz: *cinóber + minium + GvK/M keveréke*. Egy bútornál (padláda 1836) kevés vörösokker is található a keverékben.
- **Hússzín** a nagy laptékán (180(?): *cinóber + minium + sok GvK/M*.
- **Sötét vörösbarna szín:** *sötét vörösokker* (vasoxid-vörös) hozzákeverve *GvK/M*. Ez a szín csak a ládaelölapon (1680-1720), a nagy laptékán (180(?)) és a padládán (1836) található.
- **Sárga szín:** nagy laptéka 180(?), fogas 182(?): *auripigment + GvK/M*; vagy padláda 1836: *auripigment + GvK/M + kevés vörösokker*.
- **Sárgásbarna szín:** ládaelölapon (1680-1720): *auripigment + sárga(?) vagy vörösokkerrel + GvK/M*
- **Fehér szín:** általában *GvK/M*. A legkorábbi bútoron (1680-1720) a fehér szín *gipsz + kvarc (homok, kovaföld)*, ugyanaz az 1769-es kis laptékán is, de ennél még ólomfehéret is adtak a fehér színhez. Az 180(?) évszámú nagy laptékán *GvK/M + titánfehér(?)*.
- **Zöldes-kék, kék-zöldes színek:** sárga és kék keveréke. Az összetétel azt támasztja alá, hogy az ún. auripigment-indigózöldről van szó (részletesen lásd 3. fejezet). A zöldes-kék szín tehát egy keverékszín: *auripigment + szerves kék (indigó?) + fehér pigment* az indigó fixáló/töltőanyagként *GvK/M + ólomfehér* esetenként fedőanyagként, de szerepelhet akár fixáló/töltőanyagként is.
- **Kék szín:** csak a fogason (182(?)), ún. indigókék (lásd 3.1.2. fejezet), ami valójában: indigó fehér pigmenten rögzítve: *szerves kék (indigó) + GvK/M*, fixáló/töltőanyagként.
- **Barna szín:** 1769-es kis laptékán: *égetett umbra*, a nagy laptékán 180(?): *szerves barna?*
- **Fekete szín:** *szénfekete (venyigefekete)*: Tárgyak: ládaelölapon 1680-1720, nagy laptéka 180(?), fogas 182(?), *magnetit*: a fogason (182(?)) a virágszárak és levelek.

Titán jelenléte a vizsgált tárgyakon

Nagyvirágos ládaelölapon, kb. 1680-1720: 517. Fehér: 0,1% Ti; 518. Fekete pont zöld-kékesen: 0,05% Ti.

Kis laptéka, 1769: 469. Vörös: 0,05% Ti.

Nagy laptéka, 180(?): 488. Vörös: 0,4% Ti; 492. Vörös: 0,3% Ti; 494. Zöld-kékes: 0,3% Ti; 500. Barna (sárgás fehéren): 1% Ti; 501. Barna (sárgás fehéren): 0,9% Ti; 502. Fehér: 1,9% Ti (503.-al azonos helyen); 503. Fehér: 1,3% Ti (502.-vel azonos helyen); 504. Fehér: 1,1% Ti; 513. 514. Fehér: 0,1% és 0,1% Ti; 517. Fehér: 0,05% Ti. Fogas, 182(?): 467. Fekete (zöld-kékes): 0,7% Ti. Padláda, 1836: Ti -.

A tárgyakon pXRF vizsgálattal mért titán utalhat titánfehér, feltehetőleg természetes rutil (TiO_2 ásvány) alkalmazására. Ez ugyan nagyon ritka pigmenthasználat lenne, de lehet, hogy az ásványokban gazdag Erdélyben könnyen található volt, és kialakult a természetes ásvány helyi alkalmazása. Tekintettel arra, hogy a titán többnyire tized, illetve század százaléknyi mennyiségben volt kimutatható, feltételezhető, hogy valamelyik pigmentként használt ásvány kísérője lehetett. Csak a restaurált tárgyon – a nagy laptékán – volt százaléknyi mennyiségben mérhető, arra azonban rákérülhetett a restaurálás során is, a napjainkban kapható titánfehér festékből. A szintetikus titánfehéret csak a 20. század eleje óta állítják elő, az, hogy esetünkben természetes vagy szintetikus titánfehérről van szó, röntgen diffrakciós (XRD) vizsgálattal eldönthető.

3. Egy varázslatos zöld szín

Adalékok az indigózöldhöz és alkotóihoz

Erdélyi festett asztalosmunkák színeinek és pigmentjeinek vizsgálatakor már korábban egy nagyon szép zöldes-kék, esetenként kékes-zöld szín hívta fel magára a figyelmünket, melyet általában a fenyőfából készült bútorokra, közvetlenül a fára festettek fel, valamint az egész bútor, vagy a virágokkal és egyéb motívumokkal díszített mezők körüli széles keretszegélyek alapszínékként alkalmazták. Szabad szemmel is látni lehetett benne sárga durvább pigment szemcséket, mikroszkóp alatt pedig kék pigment szemcsék is láthatóvá váltak a festékrétegben. Ezzel világossá vált, hogy valójában a színkeverés alapszabályai szerint alkalmazott pigmentösszetételről van szó. Már a kutatásaink kezdetén vettünk mintákat ilyen tárgyakról és röntgendiffrakciós (XRD) vizsgálattal megállapítottuk, hogy a *sárga pigment auripigment*, mellette még általában gipszet (fehér pigmentet) találtunk, viszont semmilyen szerves kék pigment jelenlétére utaló jelet nem kaptunk a spektrumban. Ebből következett, hogy a kék valamilyen *szerves eredetű kék* lehet, amit az XRD nem mutat ki. A néprajzi, művészeti és technikatörténeti forrásokban található festőreceptek alapján feltételeztük, hogy az auripigment mellett indigót alkalmazhattak a zöld szín elérésére. Az angol festészettechnikai terminológiában vergaut-nak nevezik a sárga és a kék keverésével készített zöld pigmentet. A vergaut-ot leggyakrabban az auripigment és az indigó keverékeként írták le, amit a középkori festők a verdigris (réz-acetátok) alternatívájaként hasz-

náltak.⁴ Magyarul erre a keverék pigmentre/színre/festékre az auripigment-indigózöld elnevezést használhatjuk.

Az indigózöld használata valószínűleg több mint ezer évre nyúlik vissza. Varázslatos tűzéval, átlátszatlanságával és elbűvölő színmélységével a legszebb festékek közé tartozik. A középkorban alkalmazása kedvelt volt pergamenre, papírra festett kéziratokon és könyvek iniciáléjaiban vagy képeiben, és később is előszeretettel alkalmazták a művészi és köznapi festészet különböző technikáiban tempera, olaj stb.⁵ Az erdélyi festett asztalosmunkákon használata az 1800-as évek közepéig kimutatható. Eltűnésének okai talán a templomi berendezések és a falusi/városi lakosság szobabútoraiiban bekövetkezett izlésváltozás, valamint az auripigment mérgező hatása miatti korlátozások lehettek.

3.1. Az indigózöld alkotórészei

3.1.1. Auripigment

Az indigózöld egyik alkotója az auripigment (arzen-triszulfid, As_2S_3), poralakban erős mérge. Régi magyar nevei: „*Auripigmentum, operment* vagy *arsenicum*”.⁶ A természetben az egész világon előfordul, főként hidrotermális erek, meleg források lerakódásaként, valamint vulkánok alacsony hőmérsékletű szublimációs termékeként. Természetes állapotában csillámszerű anyag, réteges hasadása miatt gyöngyházfényű, jó fedő- és színezőképeségű, az ásvány színe az aransárgától a narancsig terjed, a festék színe sárga.⁷ Nagy mennyiségben volt található fémhányakban kb. 18-55 m mélyen Magyarországon és Szászországban is.⁸ Egy, a 19. század végén megjelent, festészeti kézikönyv⁹ Magyarországot és a Harz hegységet jelöli meg az auripigment fő származási helyeként, ugyanakkor megemlíti, hogy a festők által használt legszebb arany auripigment Perzsiából származik.

Használata, tér- és időbeli elterjedése a realgárhoz (As_4S_4) nagyon hasonló, de fontosabb és gyakrabban használt pigment, ez részben jobb fénytűrőképességének, részben a jó sárga festékek hiányának volt köszönhető.¹⁰ Az auripigmentet az ókorban, az egyiptomi Újbirodalom idejétől használták pigmentként, majd a középkorban és később is kedvelt pigment volt.¹¹ Az ásványt nehéz pig-

mentté örölni, pigment előállításához tisztítják: kénnel hevítik, hogy tiszta auripigment szublimáljon ki belőle. Mesterséges változata a középkortól ismert, de nem szorította ki az ásványi eredetűt. A mesterségesen gyártott auripigment királysárga (Königsgelb) néven kerül forgalomba.

Cennini, Libro dell'arte o trattato della pittura¹² c. műve XLVII. fejezetében „*Az auripigmentnek nevezett sárga festék természetéről*”¹³ a következőkben foglalja össze e pigment tulajdonságait:

„*Az auripigmentnek nevezett festék sárga színű. Ezt a festéket mesterségesen készítik, alkímiával, igazán mérgező, színe nagyon szép sárga, a többi festéknél jobban hasonlít az aranyra. Falfestészetéhez nem jó, sem freskótechnikához, sem kötőanyaggal, mivel ha levegő éri, megfeketedik. Nagyon jó pajzsok és lándzsák festéséhez. Ebből a festékből bagdadi indigóval keverve növényekhez, lombokhoz való zöld lesz. Nem kell hozzá más kötőanyag, mint enyv. (.....) Ha már porrá törted, adj hozzá tiszta vizet és törd meg, amennyire csak tudod, mivel ha tíz évig törnéd, akkor is csak egyre jobb lesz. Óvakodj, hogy a pora ne menjen a szádba, nehogy mérgezést szenvedj.*”

Az auripigment fény hatására szintelen arzéntrioxidá (As_2O_3) oxidálódik, de fénytől védett helyen, illetve levegőtől és nedvességtől jól elzárva (pl. olajos kötőanyagban) igen tartós lehet. Átalakulása folyamán kénhidrogént bocsájt ki, ami a közelében lévő ólom és réztartalmú pigmentekkel reakcióba lép. Az ólomtartalmú (ólomfehér és minium) színeket elszürkíti, majd megfeketíti. Ugyancsak elsötétítheti, a réztartalmú kék – azurit ($2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$) – valamint zöld pigmenteket pl. a bázikus rézkarbonátot, a malachitot ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$), és a bázikus réz-acetátot¹⁴ ($Cu(CH_3COO)_2 \cdot 2Cu(OH)_2$). Természetesen emiatt az auripigment az említett pigmentekkel nem keverhető. A *De arte illuminandi*..... ismeretlen szerzője erről így ír: „*...Másik fajta zöld lesz auripigmentből és jófajta indigóból, ámde papíron nem használható, mert az ólomfehéret, a miniumot és a réz-zöldet ennek a kipárolgása fémszínűvé alakítja. Ezért nem bajlódom sem ennek, sem a réz-zöld előállításának részletezésével.*”¹⁵ Az auripigment átalakulása során keletkező kénhidrogén és kéndioxid megtámadják a kötőanyagokat is, aminek következtében a festés gyakran leválik a hordozóról.¹⁶ Az auripigment alkáliérzékeny, ezért nem alkalmazható fal-kepeken.

⁴ <http://cameo.mfa.org/wiki/Vergaut> (letöltve: 2020.06.22)

⁵ Indigózöld használatára egyik példa a korai európai festészetben az ismeretlen festő által 1395-9 körül készített Wilton diptichonon (The National Gallery, London) tojástemperá technikával festett zöld ruha. <https://eclight.co/2018/03/15/pigment-arsenic-orpiment-and-realgar/>.

⁶ Ferentz 1828. p. 4, 65.

⁷ Galambos 2007. p. 83., Galambos – Vihart 2013.

⁸ Anon 1728. p. 21.

⁹ Terry 1893. p. 280.

¹⁰ <http://cameo.mfa.org/wiki/Orpiment>. Sajó 2008. pp. 43-44., Rötter 2003.

¹¹ Sajó 2008. p. 43. Megtalálható olyan neves festők művein, mint Raffaello (Sixtuszi Madonna, 1513-14), Bellini, Tintoretto, Watteau, Goya,

Cézanne és mások alkotásain: <https://eclight.co/2018/03/15/pigment-arsenic-orpiment-and-realgar/> (letöltve: 2020.06.30.).

¹² Cennino Cennini a Libro dell'arte o trattato della pittura c. művét valószínűleg 1390-ban írta. A könyv angol fordításának legkönyebben elérhető változatát lásd Thompson transl. 1933. Jelen cikkben megadjuk az idézett részletek e fordításban lévő oldalszámait is. A római számok a Cennini-féle fejezetszámozást jelentik. A könyv kiváló magyar fordítását és értelmezését lásd Heitler 2012.

¹³ Cennini XLVII. fejezet: Heitler 2012. p. 157. (pdf p. 257.), Thompson transl. 1933. p. 28.

¹⁴ Grünspan, verdigris.

¹⁵ De arte illuminandi ... [X.] A zöld festékről, lásd Heitler p. 83. (pdf p. 151.)

¹⁶ <http://www.jcsparks.com/painted/pigment-chem.html#Orp>.

Gögös Ágota 17-18. századi erdélyi festett asztalosmunkák festéseinek vizsgálata során megállapította, hogy azokon leggyakrabban a zöld és a sárga szín változott meg, kifakult, illetve a zöld helyett szürkés réteggé vált.¹⁷ A zöld festék előállításához a mesterek a kötőanyagba auripigmentet és valamilyen fekete vagy kék indigó pigmentet keverték, ami a festéskor élénkzöld színt eredményezett. A festékrétegek színváltozását nem a bennük levő szerves pigmentek okozták, hanem az auripigment fent említett kémiai módosulása, ezért részletesen foglalkozott az auripigment különböző kötőanyagokkal való összeegyeztethetőségével, vizsgálta és kísérlettel igazolta az arzén-triszulfid arzéntrioxiddá történő kémiai átalakulását is, ami fény hatására az auripigment sárgától a szintelen irányába történő halványodásához vezet. A festett felületen maradt arzén-trioxid, a megváltozott törésmutató miatt szintelen, ez eredményezi a felület fakó hatását. Gögös ugyancsak kimutatta a minium érzékenységét az auripigment átalakulását kísérő kén-hidrogén és kén-dioxid képződéssel szemben, amiknek hatására a minium élénkvoros színe barnul, majd feketedik, amiről más szakirodalomban is említést tesznek.

3.1. 2. Indigó

Az indigó-kéket már négyezer évvel ezelőtt használták a Közel-Keleten. A pigment népszerű volt a római mesterek körében, majd különösen kedvelték a 14. és 19. század között. A kék színt két festőcserjéből az Indiában őshonos festő indigóból (*Indigofera tinctoria*) vagy az Európában honos festőcsüllengből (*Isatis tinctoria*) állították elő. Európában ez utóbbiból készítették, vagy az indiai festő indigó már festésre készen Indiából érkezett a Selyemúton Bagdadba, majd onnan Itáliába, főleg Genovába vagy Vencébe. Itt a legjobb minőségű indigó a bagdadi indigó volt. A bagdadi jelző megkülönböztette az Európában termelt festőcsüllengből előállított színezéktől.¹⁸

Az indigó fő felhasználója az indigós textilfestő mesterség volt. Ennek elterjedése Európában a flamandokhoz köthető, akik már a 8. századtól folytatták e mesterséget. A legkorábbi textilfestő cég 1208-ban Bécsben jött létre, Magyarországon először 1608-ban Lőcse, Eperjes, Igló és Késmárk társulásával kezdte meg működését. A művészfestékekhez használt indigót gyakran a textilfestés hulladékaiból vonták ki. Adolf van Baeyer német vegyész 1880-ban kidolgozta az indigó szintézisét, majd 1891-től az ipari előállítása is megkezdődött. A jobb minőséget adó szintetikus indigó miatt a 20. század elejétől a természetes indigó felhasználása nagymértékben lecsökkent.

Fehér pigmenten fixált indigó és indigókék pigment készítése festőcsüllengből

A nyers örölt indigópor jellegzetesen nagyon intenzív sötétkék, ha összekeverik valamilyen kötőanyaggal, akkor sötét és áttetsző (lakkszerű) marad, ezért az indigó színezéket – más szerves színezékekhez hasonlóan – valamilyen szerves, általában fehér színű hordozón kicsapatják, rögzítik, hogy átlátszatlan, festésre alkalmasabb, szerves pigmentet, ún. lakkpigmentet kapjanak.¹⁹ Fehér pigment alkalmazásával egyben sokkal szebb kék színt nyernek, a szín sötét intenzitását csökkentik, világosabbá teszik. *De coloribus et mixtionibus*: [IX.] A keverékekről „... A kéket ólomfehérrel keverd, indigóval sötétítsd, ólomfehérrel világosítsd....”²⁰

A különböző festőreceptes könyvek hordozóként ólomfehéret, gipszet vagy krétát említenek.

A dublini Trinity College könyvtárában őrzött, 8. század második feléből származó ír festett kéziratok pXRF vizsgálatokor kalciumot mutattak ki kékekkel festett felületeken. Minthogy szerves kék pigmentre utaló eredményt nem kaptak, feltételezték, hogy a kék festék szerves anyag, indigó, aminek jelenlétét mikro-Raman spektroszkópiával bizonyították a spektrumban megjelenő, indigóra jellemző csúcsokkal (543, 596, 1586 cm⁻¹). A Raman vizsgálat szerint az egyik kéziratban – *Book of Mulling* – a kék festékben az indigót krétával (1090 cm⁻¹), egy másik kéziratnál – *Book of Kells* – pedig gipsszel (1005 cm⁻¹) alkalmazták.²¹

Cennini, az indigó(kék) festék készítésével több fejezetben is foglalkozik, bagdadi indigóhoz ólomfehér hozzáadását írja le: „*Hogyan kell papírlapokat indigóval színezni. Az indigó szín. Végy a fent említett mennyiségű ivet, vegyél fél uncia ólomfehéret és két babszemnyi bagdadi indigót és jól törd meg őket együtt, mivel a töréstől nem romlik el a szín. Add hozzá a kötőanyagot a fenti módon.*”

²² Egy másik, „*Azuritkék (németkék) utánzatának elkészítése többféle színből*”²³ fejezetben táblaképhez a következő receptet adja meg: „... *Végy bagdadi indigót és törd meg tökéletesen vízzel, és táblaképhez keverj hozzá egy kis ólomfehéret, falfestéshez pedig egy kis szentjánosfehéret. Hasonló lesz, mint az azurit. Enyv kötőanyag kell hozzá.*”

A 15. század közepén keletkezett Bolognai-kézirat az indigófesték készítését festőcsüllengből ajánlja gesso sottile, azaz döglesztett gipsz hozzáadásával: „*Végy elő-*

¹⁹ Az eljárást angolul laking-nek nevezik: (<http://www.webexhibits.org/pigments/indiv/recipe/indigo.html>). A hordozóra kicsapatott szerves színezék az ún. lakkpigment. Galambos – Vihart 2013.

²⁰ Heitler 2012. p. 60. (pdf p. 127.)

²¹ Bioletti – Smith 2016., Bioletti et al. 2009. pp. 1043-49.

²² Cennini XVIII. fejezet: Heitler 2012. p. 133. (pdf p. 203.)

²³ Cennini LXI. fejezet: Heitler 2012. p. 167. (pdf p. 237.). Az indigó használatáról lásd még Cennini CXLIV fejezet: Heitler 2012. p. 239. (pdf p. 309.): „*Az „iden” (selyemszövet) falon, freskótechnikával fess fel indigót és majd fess a mintát indigóval kevert szentjánosfehérral. Ha ezzel a színnel táblaképen vagy vértelen akarsz dolgozni, ólomfehérrel keverd az indigót, enyv kötőanyaggal. Ezzel a módszerrel sok és sokféle szövetet készíthetsz belátásod szerint és ahogy kedved leled benne.*

¹⁷ Gögös 2007. pp. 83-89.

¹⁸ Cennini XVIII. fejezet: Thompson trans. p.11., Heitler 2012. p. 133. (pdf p. 203.)



8. kép. Auripigment-indigózöldek sokasága a zöldtől a kékig terjedő színárnyalatokban. Sokszor egy tárgyon – pl. a nagy laptéka 180(3?) ajtaján – több árnyalatát is alkalmazták.

készített, örölt gesso sottilet és keverd össze festőcsülleng virágával”.²⁴ Cennininél a CXVI. fejezetben – „Hogyan készül a fatáblák gesso-alapozásához való gesso sottile” – az alábbiakat olvashatjuk: „Most pedig olyan gessot kell vened, amit gesso sottilenek neveznek, ami ugyanebből a gessoból készül, de jó egy hónapig tisztított, egy dézsában beáztatva. Minden nap cseréld le a vizet, míg minden csomó benne szétporlik és minden melegség kimegy belőle, és olyan lágy lesz, mint a selyem. Azután öntsd le a vizet, formázz cipót belőle, és hagyd megszáradni. Ezt a gessot a patikusok árulják nekünk, festéknek; és ezt a gessot használják gesso-alapozáshoz, aranyozásra, plasztikus díszekhez és szép dolgok készítésére.”²⁵

Az indigónak jó a színezőképessége, viszont erős napfénynek kitéve gyorsan fakul. Ellenálló kén-hidrogénnel szemben. Temperafestékként használva vagy lakkréteg alatt nagyon stabil lehet.

3.2. Az auripigment-indigózöld: Egy csodálatos szépségű elfeledett keverékzöld

Az indigózöld festék készítésekor az előzőekben ismertetett alapanyagokat, az auripigmentet és a szervetlen fehér

hordozón rögzített szerves kék indigót általában együtt vízben megtörték, majd kötőanyagot adtak hozzá. Cennini a „Hogyan készül az auripigmentből és indigóból álló zöld c. fejezetben így ír erről: „A két rész auripigmentből és egy rész indigóból készülő festék zöld színű, ezeket tiszta vízzel kell alaposan együtt megtörni. Ez a festék jó pajzsok és lándzsák festésére, és szintén használják szobákat festeni, szekkótechnikával. Nem kíván egyéb kötőanyagot, mint enyvet.”²⁶

Csíkszenttamásból is maradt ránk leírás az indigózöld készítéséről 1828-ból, amikor Erdélyben még készültek indigózölddel festett asztalosmunkák. „Az Indigó ha auripigmentummal egybe elegyítettik szép zöld lesz, de az auripigmentum olajban nem törik meg, hanem előbb söprő pálinkával kell magára megtörni s az után ha meg törik kel elegyíteni Indigóval. – ezzel nem igen élnek.”²⁷ A Ferentz Antal által közölt recept érdekessége, hogy az auripigment megtörését pálinka seprőben (vizes alkoholos anyagban) írja le és megjegyzi, hogy az auripigmentet olajban nem lehet megtörni. További különbség, hogy Ferentz külön törli meg az auripigmentet és nem az indigóval együtt, mint ahogy azt Cennini a fent ismertetett receptben ajánlja.

Az indigózöld színe alapvetően két dologtól függött: az auripigment és a fehér pigmentre rögzített indigó arányától a keverékben, valamint hogy a rögzítéskor mi volt az indigó és a fehér pigment aránya, vagyis mennyire maradt az indigó sötét vagy mennyire vált világossá.

²⁴ Merrifield 1999. p. 417., Heitler 2012. p. 87. (pdf p. 155.). A Bolognai kéziratot lásd Merrifield 1849.

²⁵ Gesso sottile = vékony gipszes ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) alapozás készítését lásd Cennini CXVI. fejezet, Thompson transl. 1933. p. 71. Heitler 2012. p. 215. (pdf p. 285.)

²⁶ Cennini LIII. fejezet: Thompson transl. 1933. 32., Heitler 2012. p. 163. (pdf p. 233).

²⁷ Ferentz 1828. p. 11.



9. kép. Az auripigment-indigózöld öregedése, degradációja fény hatására a 2. képen bemutatott előlapon.

A fénytől védett helyeken, a kulcspajzs alatt (felső kép) illetve a ládatető rácsukódásának a helyén, a láda elején (alsó kép) az indigózöld alapszín még jól látható, viszont ahol fényt kapott ott elszürkült, színtelenné vált.



Az általunk vizsgált öt festőasztalos bútor mindegyikén megtalálható az indigózöld különböző színárnyalatokban. Egy tárgyon belül akár több árnyalatát is alkalmazták (8. kép). Az indigózöld – az auripigment fény hatására sárga arzén-triszulfidból fehéres, áttetsző arzén-trioxidá váló részbeni átalakulása miatt történő – színváltozása ezeken a tárgyakon is megfigyelhető volt. Leglátványosabban a nagy ládaelőlapon, amin a fénytől védett helyeken, a kulcspajzs alatt és a ládatető rácsukódásának a helyén az indigózöld alapszín még jól látható, viszont ahol fényt kapott ott elszürkült, színtelenné vált (9. kép). A fény hatására bekövetkező károsodás elkerülése céljából az auripigment-indigózöldet tartalmazó műtárgyakat nem szabad közvetlen fényhatásnak kitenni. A kiállítóhelyen, raktárban és a restaurátorműteremben figyelemmel kell lenni a természetes illetve mesterséges világításra, különösen azok UV tartalmára. Ezeket a tárgyakat a napsütéstől, és más hőhatástól is óvni kell, mert azok felgyorsítják az említett fénykárosodást és a természetes öregedési folyamatot.

Az indigózöld illetve az auripigment 17-18. századi erdélyi festett asztalosmunkákon való használatának gyakoriságát jól jellemzi a következő, Gögös Ágotától származó idézet:

„... tizenégy erdélyi festett asztalosmunkából származó minta mikroszkópos vizsgálatára került sor, amelyek közül hármat az Umling festőcsalád valamelyik tagja készített. Ezek mindegyikén, továbbá a megvizsgált tárgyakon, összesen tizenegy esetben, meg lehetett figyelni az auripigmentet, vagy a zöld festés egyik alkotóelemeként, vagy tisztán a kötőanyagba kevert sárga pigment formájában. Ezek alapján elmondható, hogy a 17-18. századi festőasztalo-

sok körében igen népszerű, gyakran használt pigment volt az aranyárgaként is emlegetett arzén-szulfid.”²⁸

Az erdélyi Fiafalva Unitárius-Református Közös Templom 1804-ben festett egyik feliratos kazettájának a restaurálását a nagyszebeni Lucian Blaga Egyetem Festett fa restaurálás mesterképzője keretében Domokos Levente restaurátor végezte. Ennek során lehetősége adódott a kazettán alkalmazott festőtechnika és a pigmentek részletes tanulmányozására, minták vételére valamint vizsgálatára. A munkát a mesterképzést lezáró szakdolgozatában²⁹ foglalta össze, majd 2013-ban szerzőtársakkal együtt publikálta.³⁰ Ez volt az első olyan tanulmány, amely bizonyította és választ adott az erdélyi festőasztalos munkáknál régóta vitatott kérdésre, hogy mi lehet a varázslatos zöldes-kék színben használt kék szerves pigment. A kazettáról vett zöld mintában sikerült bizonyítani, hogy ez a szerves kék az indigó. Az indigó jelenlétét Fourier-transzformációs infravörös (FTIR) spektroszkópiával Mihály Judit igazolta, Sajó István XRD vizsgálatokkal kimutatta az auripigment, gipsz és egyéb szerves pigmentek jelenlétét, Galambos Éva pedig mikroszkópos rétegszerkezeti vizsgálatokkal járult hozzá a kutatás sikeréhez.

Ajánljuk cikkünket mindazok figyelmébe, akiket szintén elvarázsol az indigózöld különleges szépsége.

A felvételeket Morgós András készítette.

²⁸ Kovácsné Gögös 2008. p. 18.

²⁹ Domokos 2012.

³⁰ Domokos – Galambos – Sajó 2013. pp. 68-69. 26-27. kép.

IRODALOM

- ANON (1728): A Catalogue of the Additional English Native Fossils, in the Collections of J. Woodward M. D., Tome II., London, Printed in the Year 1728. <https://books.google.hu/books?id=DyI-AAAAcAAJ&pg=RA1-PA21&lpg=RA1-PA21&dq=orpiment+Hungary&source=bl&ots=264Ll-3Wwik&sig=ACfU3U2zsroTo8e5Zq3ptUGVHEKvNM--JA&hl=hu&sa=X&ved=2ahU-KEwjrPmU9ajqAhXs-SoKHd8NAKEQ6A-EwAnoECAYQAQ#v=onepage&q=orpiment%20Hungary&f=false> (letöltve: 2020.06.30.).
- BIOLETTI, Susie – SMITH, Allyson (2016): Garland of Howth, Pigments, Technical Analysis, XRF Analysis on the Garland of Howth. June 22, 2016. The Library of Trinity College Dublin. <https://www.tcd.ie/library/early-irish-mss/xrf-analysis-on-the-garland-of-howth/> (letöltve: 2020.06.22.).
- BIOLETTI, S. – LEAHY, R. – FIELDS, J. – MEEHAN, B. – BLAU, W. (2009): The examination of the Book of Kells using micro-Raman spectroscopy. In: J. Raman Spectroscopy, 2009. 40. pp. 1043-1049. https://www.researchgate.net/publication/224070989_The_examination_of_the_Book_of_Kells_using_micro-Raman_spectroscopy. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jrs.2231> (letöltve: 2020.06.22.).
- DOMOKOS Levente (2012): I. Tavanul casetat din Biserica comuna Reformata-Unitariana din orasul Cristuru Secuiesc, satul Filias- propuneri de restaurare. II. Restaurarea unei case cu inscriptie din tavanul casei al Bisericii Reformate-Unitariene, Filias. Disertatia. Universitatea „Lucian Blaga” Sibiu, Facultatea de Stiinte Socio-Umane, Departamentul de Istorie, Patrimoniu si Teologie Protestanta, Specializarea Conservare si restaurare. Coordonatori: Conf. univ. dr. Livia Bucsa, restaurator Mihály Ferenc.
- DOMOKOS Levente – GALAMBOS Éva – SAJÓ István (2013): Kutatási eredmények a fiatfalvi Unitárius-Református Közös Templom egyik feliratos kazettájának restaurálása kapcsán. (*Tavanul casetat din Biserica Comună Reformată-Unitariană, orașul Cristuru Secuiesc, satul Filiaș*) In: ISIS Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek 13. Szerk. Kovács Petronella, Haáz Rezső Múzeum, Székelyudvarhely, pp. 59-72. (pp. 162-170.). <http://epa.oszk.hu/00400/00402/00012/pdf/> (letöltve: 2020.06.22.).
- FERENTZ Antal (1828): Rövid oktatás Az asztalosság-hoz tartozó és a kép festéshez kívántató némelly festékeknek készítéséről és tulajdonságiról. Az architektúrából, kézirat, Csik Szt Tamas. (a kéziratra írt leltári szám: Inv: 6345, Csíki Székely Múzeum, Csíkszereda).
- GALAMBOS Éva (2007): A restaurátori vizsgálatok és egyéb tudományterületek kapcsolata: A szerves pigmentek polarizációs mikroszkópos vizsgálatának szerepe. DLA értekezés, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Doktori Iskola. http://doktori.mke.hu/res/tezisek_galambose.pdf (letöltve: 2020.06.22.).
- GALAMBOS Éva – VIHART Anna (2013): Pigmentum adatbázis és honlap. <http://pigmentum.hu/> (letöltve: 2020.06.22.).
- GÖGÖS Ágota (2007): A XVII-XVIII. századi erdélyi, festett asztalosmunkák festékrétegének vizsgálata. Szakdolgozat, Magyar Képzőművészeti Egyetem Restaurátorképző Intézet.
- HEITLER András (2012): Szavak és képek. DLA értekezés, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Doktori Iskola. https://www.academia.edu/5346253/Magyar_Képzőművészeti_Egyetem_Doktori_Iskola (letöltve: 2020.06.22.).
- KOVÁCSNÉ GÖGÖS Ágota (2008): Kispetri egykori templomából származó feliratos karzatlejáró díszítés restaurálása: a festett asztalosmunkákon gyakran megjelenő egyik pigmentváltozás megfigyelése. In: Műtárgyvédelem 33. Szerk. Gardánfalvi Magdolna, Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, pp. 13-20.
- MERRIFIELD, Mary P. (1849): Original Treatises, Dating from the XIIth to the XVIIIth Centuries, [o]n the Arts of Painting ... John Murray, London. <https://archive.org/details/originaltreatis00merrgoog/page/n6/mode/2up> (letöltve: 2020.06.22.).
- MERRIFIELD, Mary P. (1999): Medieval and Renaissance Treatises on the Art of Painting. Original texts with English translations. Dover Publications, Inc. Mineola, New York. Az 1849-es mű változatlan kiadása egy kötetben.
- RÖTTER, Carolin (2003): Auripigment. In: Restauro 6/2003. pp. 408-413.
- SHUGAR, Aaron N. – MASS, Jennifer L. eds. (2012): Handheld XRF for Art and Archaeology. Studies in Archaeological Science 3. Leuven University Press, Leuven.
- TERRY, George (1893): Pigments, Paint and Painting. A practical book for practical men. London, E. & F.N. Spon; New York, Spon & Chamberlain, p. 280. https://www.gutenberg.org/files/56344/56344-h/56344-h.htm#Page_280 (letöltve: 2020.06.30.).
- THOMPSON, D.V. transl. (1933): Cennini: The Craftsman's Handbook. Dover publications, New York. <http://www.noteaccess.com/Texts/Cennini/index.htm>
- SAJÓ István (2008): Ásványi eredetű festékek Magyarország területén. In: A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat, 74. kötet, pp. 39-47. https://matarka.hu/koz/ISSN_1417-5398/74k_2008/ISSN_1417-5398_74k_2008_039-048.pdf (letöltve: 2020.06.20.).

Dr. Morgós András
Vegyéssz mérnök, okl. fa-bútorrestaurátor művész
Consart Bt.
1124 Budapest, Kálló esperes u. 1.
E-mail: andrasmorgos@gmail.com

Dr. Sajó István
Vegyész
Pécsi Tudományegyetem
Szentágothai János Kutatóközpont
1026 Budapest, Balogh Ádám u. 20.
Tel.: +36-20-240-1301
E-mail: istvan.sajo@gmail.com

Dr. Minami Takeshi
Vegyész
Laboratory of Environmental Biology
Department of Life Science
School of Science & Engineering
Kindai University
3-4-1 Kowakae, Higashi-Osaka 577.8502, Japan
E-mail: minamita@life.kindai.ac.jp