

Lila pigmentek – egy „újabb” szín a palettán

Varga Tímea – Horváth Mátyás – Karlik Máté – May Zoltán – Németh Péter

Az Országos Múzeumi Restaurálási és Raktározási Központban (OMRRK) 2021-től fokozatosan állt fel a Szépművészeti Múzeum és a Nemzeti Galéria gyűjteményeit kiszolgáló Diagnosztikai Osztály, és megkezdett munkánk során lehetőségünk nyílt számos hazai művész alkotásának vizsgálatára. Többek között Vaszary János¹ és Rippl-Rónai József² művei is a látómezőnkbe kerültek, így elkezdhetjük festéstechnikájuk és palettáik tanulmányozását, melynek során egy olyan mesterséges szerves lila pigmentet azonosítottunk, amit még korábban magyar művészek alkotásain nem határoztak meg. Ez a szerencsés felfedezés indított minket arra, hogy alaposabban körbejárjuk a lila pigmentek viszonylag kis csoportját, majd történeti és diagnosztikai kutatásba kezdünk.

Bevezetés

A cikkünkben tárgyalt anyagcsoportot jelölő „lila” kifejezés azonnal kérdések elé állít minket. A magyar nyelvben több olyan kifejezés is él, amelyeket szinonimaként használnak erre az árnyalatra: ide tartoznak az ibolya, viola, tágabb értelemben akár a bíbor, az orgona, vagy a szederjes szavak is. Alaposabban elmélyedve a témában kiderül, hogy a szavak jelentése és használata folyamatosan változott a 18–20. században – akár tájegységként is.³ Tovább bonyolítja a kérdést, hogy az olyan árnyalatok, mint a vöröslila vagy kékeslila ebbe a csoportba sorolandók-e. Attól függően, hogy a szemünk színérzékeléséről van-e szó, fizikai fénytánról, festészeti technikákban történő színkeverésről, vagy esetleg nyomdaipari eljárásról, többféleképpen közelíthetjük meg a témát. A fizikai fénytánban a lila az alapszínnek egyike, a fehér fény összetevője: ezen a tudományterületen a magyar szaknyelv az ibolya elnevezést alkalmazza. A festészetben a szubsztraktív színkeverésen alapuló elv szerint három alapszín különböztetünk meg, melyek nem keverhetők ki más színekből: a sárgát, kéket és vöröset. Eszerint a lila árnyalat a kék

és a vörös keveréke – ebben az esetben egy másodlagos szín. Fontos kiemelni, hogy nem csak a magyar nyelvben gyűlik meg a bajunk az elnevezések tekintetében. A terminológia tisztázása önálló kutatások témája is lehet, ahogy erre külföldi vonatkozásban is találhatunk példát. Nyelvészeti szempontból olyan tanulmány is napvilágot látott, amely több mint 70 nyelv színneveit vizsgálta és kategorizálta.⁴ A kutatás szerzői megállapították, hogy a vizsgált nyelvekben 11 olyan szín létezik, amit nyelvészeti szempontból „alapszínnevekkel” illetnek, ezek egyike a „purple”, vagyis lila. Az angol nyelvű, pigmentekkel foglalkozó szakirodalom⁵ sem következetes: míg a „violet” (viola vagy ibolya) elnevezéssel illeti a kobalt-, ultramarin- és mangántartalmú pigmenteket, a színárnyalatuk megnevezésénél a „purple” (lila) kifejezés szerepel. Tovább bonyolítja a kérdést, hogy a szintén szerves bárium-réz-szilikát esetében a pigment hivatalos neve Han „purple”, vagyis Han lila. Esetünkben célszerűnek tartjuk a konkrét pigmentek megjelölésénél szaknyelvi környezetben a hivatalos elnevezés magyarra fordított változatát alkalmazni – úgy, mint Han lila, kobaltviola, ultramarin viola, mangánviola. A színárnyalat „lilaként” történő megnevezése viszont jobban illeszkedik a jelenlegi magyar köznyelvhez, és az angol szakirodalom is használja a „purple” kifejezést ebben a vonatkozásban.

A lila, mint keverék vagy saját színű pigment

Mivel a természetes eredetű pigmentek között ritka az önmagában lila vagy lilás árnyalatú, a művészek általában a kék és a vörös színek keverésével állították elő. Ezt kétféle módon tehették meg: vagy vörös és kék pigmentek tényleges vegyítéséről van szó, vagy egy fedő kék festékretegre egy vörös lazúrt vittek fel, esetleg fordítva. Mivel ehhez a technikához jellemzően szerves vörös lakkpigmenteket használtak, a végeredmény egy lilás árnyalat lett.

A 19. században a festékgyártás iparosodásával sok egyéb új anyag mellett megjelentek a saját színű, önmagukban is lila pigmentek. Ez azonban nem jelentette azt, hogy a továbbiakban nem alkalmazhatták akár egy-

¹ Vaszary János, magyar festőművész, Kaposvár, 1867. november 30. – Budapest, 1939. április 19.

² Rippl-Rónai József, magyar festőművész, Kaposvár, 1861. május 23. – Kaposvár, 1927. november 25.

³ Bálizs Beáta: A lila színkategória a kupuszinai borszín és a kazári orgonaszín tükrében. In Farkas Judit – Keszeg Vilmos (szerk.): *Kolozsvártól Pécsig, a yaoitól a juhászatig: Néprajzi – kulturális antropológiai tanulmányok két doktori iskolából*. Budapest, 2013, L'Harmattan Kiadó, Pécsi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar Társadalmi Kapcsolatok Intézete Néprajz-Kulturális Antropológia Tanszék, 239–256.

⁴ Berlin, Brent – Kay, Paul: *Basic Color Terms, Their Universality and Evolution*. Berkley and Los Angeles, California, 1994, University of California Press.

⁵ Eastaugh, Nicholas – Walsh, Valentine – Chaplin, Tracey – Sidall, Ruth: *Pigment Compendium – A dictionary of historical pigments*. Oxford, 2004, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.

más mellett, akár egyazon alkotáson a keverék, és a saját színű pigmenttel létrehozott lilákat. Erre remek példa a kutatásunkban is szereplő Vaszary János festmény, *A görög színház Taorminában*, ahol a háttérben húzódó hegy élénkebb lila árnyalata kobaltlila, míg a talaj sötétebb lila színeit kék és vörös pigmentek együttes használata adja.

A saját színű lila pigmentek és színezékek

Természetes színezékek és ásványok

Ahogy a többi pigmentet is, a lila és lilás árnyalatú, művészetben alkalmazott színezőanyagokat is több csoportba sorolhatjuk, eredettől és előállítás módjától függően. A természetes eredetű színezékek, lakkpigmentek és ásványok esetében sem könnyű eldönteni, hogy a „vöröslila” vagy „kékeslila”, „lilás árnyalatú” jelzőkkel illetett anyagok bekerülhetnek-e a lila pigmentek csoportjába. Az 1. táblázatban felsoroltak között taláink állati eredetűeket – mint például a türoszi lila – a többi színezék forrása valamilyen növény.

Természetes eredetű lila vagy lilás árnyalatú anyagok	
Szervetlen (ásványok)	Szerves színezékek
eritrin/kobaltarzen	türoszi lila/görög lila/ostrum
fluorit	folium/turnsole
glaukofán	börzsönyfa/festőfa
természetes vas-oxid lila	jatropha/palackfa
purpurit	lakmusz-zúzsmó/ francia lila

1. táblázat. Természetes lila és lilás árnyalatú szervetlen ásványok és szerves színezékek

A természetben előforduló lila, vagy lilás árnyalatú (szervetlen) ásványok közül viszonylag kevésről tudjuk, hogy használták pigmentként.

Az eritrint (hidratált kobalt-arsenát) egyes források⁶ szerint alkalmazhatták a smalte gyártása közben, de önálló felhasználására pigmentként nincs ismert példa.

A purpurit (mangán-foszfát, esetleg vastartalommal) egy ritka ásvány, és szintén nincs adat művészeti területen alkalmazására, összetételét a 20. század elején írták le először.⁷

A galukofán kékeslila-szürkés-kék árnyalatokban fordul elő, az ókori görög szigetvilágbeli műtárgyakon és

falképeken határozták meg.⁸ Azonosították például keverékben egyiptomi kék mellett a mai Santorini szigetén előkerült házak falain.

A természetes szervetlen pigmentek közül a fluorit az, amelyet szélesebb körben alkalmaztak pigmentként. Ennek a kalcium-fluorid ásványnak a lila színváltozatát Közép-Európa egyes részein, így például Németországban vagy Ausztriában is használták műtárgyakon⁹, de Magyarországon is találtak már rá példát a 15–16. századból.¹⁰ A Magyar Nemzeti Galéria Régi Magyar Gyűjteménye szintén büszkélkedhet olyan alkotásokkal, amelyeken megtalálható ez a ritka pigment: a kisszebeni Szent Anna mellékolttár két táblaképén – az oltár konzerválási munkái közben határoztuk meg optikai mikroszkópos és elemanalitikai vizsgálatokkal.¹¹

Mesterséges szerves és szervetlen pigmentek

Mesterséges eredetű anyagok	
Szervetlen pigmentek	Szerves pigmentek és lakkpigmentek
Han lila	alizarin violet/ violet madder lake
ultramarin viola	magenta/fukszin
kobaltviola	indigó/indirubin
mangánviola	isoviolantron/vat violet
	dioxazine/carbazole violet stb.

2. táblázat. Mesterséges szervetlen és szerves lila színű pigmentek

A 19. század ipari forradalmával a mesterséges szerves színezékek és a belőlük előállított pigmentek gyártása is fellendült, és a különböző kémiai összetételű típusok fokozatosan kerültek a piacra. Ezek legkorábbi csoportja a természetes, növényi eredetű színezékek mesterségesen előállított verziója – mint például az alizarin vagy indigó. A 20. század elejétől terjednek el az ipari szerves pigmentek, amely kifejezés további alcsoportokat foglal magába (azo-, quinacridone stb.), és a teljes színskálát felölelik,

⁶ Mühlethaler, Bruno – Thissen, Jean: Smalt. *Artists' Pigments. A Handbook of their History and Characteristics* 2. Roy, A. (Ed.), National Gallery of Art, Oxford, 1933, Washington and Oxford University Press. 113–130.

⁷ Eastaugh et al. 2004. 313.

⁸ Riederer, Josef: Egyptian Blue. *Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics* 3. FitzHugh, Elisabeth West (Ed.), National Gallery of Art, Oxford, 1997, Washington and Oxford University Press, 23–45.

⁹ Richter, Mark – Hahn, Oliver – Fuchs, Robert: Purple Fluorite: A Little Known Artists' Pigment and Its Use in Late Gothic and Early Renaissance Painting in Northern Europe. *Studies in Conservation*, 2001, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.1179/sic.2001.46.1.1> (2025. 01. 19.).

¹⁰ Kriston László – Török Klára: Neues zum Thema Fluorit. *Restaura*, 1998/5, 297.

¹¹ May Zoltán – Varga Tímea: *Diagnosztikai dokumentáció: A kisszebeni Szent Anna oltár. Szépművészeti Múzeum*. 2022.

számos lila árnyalat is elérhető közöttük a művészek számára.

A mesterséges szerves lila színű pigmentek között csupán egyetlen olyat találunk, amit az 1800-as évek előtt hoztak létre, a Han lilát. A 19. századtól megjelentek az ultramarin, kobalt- és mangánviolák. Ezeknek gyakran módosított összetételű változatát is létrehozták, melyek kissé eltérő árnyalatúak az eredetiekhez képest (2. táblázat).

Han lila (Han purple, Chinese purple)

A Han lila mai elnevezése az 1990-es évek elejéről származik, amikor a 20. században újra előállították¹² ezt a bárium réz-szilikát vegyületet. Az elnevezés a Han dinasztiára (i. e. 208 – i. u. 220) utal, ugyanis az ókorban már létezett, és ebben a korszakban használták festett kínai műtárgyakon, például a híres agyaghadzsereg katonáin¹³, falképeken, agyagedényeken, fémeszközökön, ékszereken. Mivel kémiai szerkezetében nagyon hasonlít az egyiptomi kékhez, felmerült, hogy a kínaiak az egyiptomiaktól tanulhatták a pigment készítésének technikáját.¹⁴ Azonban ezt a feltételezést idővel elvetették, mivel nem találtak példákat az egyiptomi kékre Perzsia egykori területétől keletebbre. Egy valószínűbb elképzelés szerint az üvegyártás melléktermékeként alakult ki a pigment. Hogy miért tűnt el i. u. 220 körül a kínai művészek palettájáról, arra egyelőre nincs magyarázat. A Han lila újrafelfedezése kapcsán többféle szintetizálási eljárást is feljegyeztek.¹⁵

Ultramarin viola

Az ultramarin viola előállítása szorosan összefügg a mesterséges ultramarinkék kifejlesztésével. A mesterséges ultramarinkék 1828 után terjedt el, de a rózsaszín, lila és zöld variánsok pontos megjelenése a piacon bizonytalanabb. A korabeli katalógusok nem említik a lila színű változatot. Ennek ellenére jelenleg is elérhető több árnyalatban, világosabb-sötétebb tónusban a festégyártók kínálatában. Előállítása a kék továbbkezelésével történik – ammónium-kloriddal levegőn hevítve érik el a lila árnyalatot.¹⁶ A művészek körében kevésbé volt népszerű, elsősorban gyenge színezőereje, és a jobb, olcsóbb alternatívák miatt. Ennek ellenére azonosították már például a

norvég Harriet Backer festőnő 1910 előtt készült képein¹⁷, vagy az amerikai absztrakt expresszionista festők, Sam Francis¹⁸ és Hans Hofmann¹⁹ művein is.

Mangánviola

A mangánviola szintén gyűjtőnév, a piacon történő megjelenésekor még nem volt egyértelmű, hogy pontosan milyen összetételű anyagra alkalmazták. A korai források többféle anyagot is megneveznek a „mangán foszfátjaként”, például Winsor & Newton a „permanent mályvaként” árusított pigmentjüket az 1892-es katalógusukban.²⁰ Manapság az ammónium-mangán-foszfát vegyületeket tekintjük mangánviolának.²¹ Elsőként E. Leykauf állította elő 1868-ban: mangán-dioxid és ammónium-foszfát összeolvasztása után, a keveréket foszforsavval reagáltatták, majd melegítették.²² Ez a pigment sem vált népszerűvé a művészek körében, de ennek ellenére azonosították már a 20. század elejéről származó képeken²³, például Munch²⁴ és Jackson Pollock²⁵ képein is.

Kobaltviola

A kobaltviola kifejezés tulajdonképpen egy gyűjtőnév, ami alatt több, különböző összetételű, kobalttartalmú vegyületet értünk. A 19. század közepétől kerülnek piacra, a változatok árnyalata eltérő lehet az összetételtől és a verziók hidratációs fokától függően. Két nagyobb

¹² FitzHugh – Zycherman 1992. 36–37.

¹³ Bouherour, Soraya – Berke, Heinz – Wiedemann, Hans-Georg: Ancient Man-made Copper Silicate Pigments Studied by Raman Microscopy. *Chimia* Vol. 55 No. 11, 2001, 942–951. <https://doi.org/10.2533/chimia.2001.942> (2025. 01. 19.).

¹⁴ Spurrell, F. C. J.: Notes on Egyptian Colours. *Archaeological Journal* 52(1), 1895, 222–239. <https://doi.org/10.1080/00665983.1895.10852669> (2025. 01. 19.).

¹⁵ Berke, Heinz – Wiedemann, Hans-Georg: The Chemistry and Fabrication of the Anthropogenic Pigments Chinese Blue and Purple in Ancient China. *East Asian Science, Technology, and Medicine*, no. 17, 2000, 97. JSTOR. <http://www.jstor.org/stable/43150591>. (2025. 01. 19.).

¹⁶ Eastaugh et al. 2004. 376.

¹⁷ Caruso, Francesco – Mantellato, Sara – Streeton, Noëlle L. W. – Frøysaker, Tine: Unveiling Harriet Backer: ICP–OES study for the characterisation of the colour tubes from her original paint box. *Heritage Science*, Springer, 2019, 7(1), <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0244-8> (2025. 01. 19.).

¹⁸ Defeyt, Cathrine – Mazurek, Joy – Zebala, Aneta – Burchett-Lere, Debra: Insight into Sam Francis' painting techniques through the analytical study of twenty-eight artworks made between 1946 and 1992. *Applied Physics A*, 122, 991, (2016), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, <https://doi.org/10.1007/s00339-016-0485-x> (2025. 01. 19.).

¹⁹ Rogala, Dawn V.: Hans Hofmann's Last Lesson: A Study of the Artist's Materials in the Last Decade of His Career. In *Issues in Contemporary Oil Painting: Postprints from the 41st Annual Meeting, Indianapolis, Indiana, May 29-June 1, 2013*, van den Berg, Klaas Jan et al. Eds. Cham, Switzerland, 2014, Springer, 127–148. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10100-2_8 (2025. 01. 19.).

²⁰ Eastaugh et al. 2004. 251.

²¹ Eastaugh et al. 2004. 249.

²² Gettens, Rutherford J. – Stout, George L.: *Painting Materials: A Short Encyclopedia*. Dover Publications, 2012. 128.

²³ Roldán, C. – Ferrero, J. – Juanes, D. – Murcia, S. – Ripollés, V.: Joaquin Sorolla's pigment characterisation of the paintings 'Vison of Spain' by means of EDXRF portable system. *X-Ray Spectrometry*, Wiley, 2011, 291–292. <https://doi.org/10.2533/chimia.2001.942> (2025. 01. 20.).

²⁴ La Nasa, Jacopo – Doherty, Brenda – Rosi, Francesca et al.: An integrated analytical study of crayons from the original art materials collection of the MUNCH museum in Oslo, Nature portfolio. *Scientific Reports* 11, 7152, (2021), 6. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86031-6> (2025. 01. 20.).

²⁵ Rosi, F. – Grazia, C. – Fontana, R. et al.: Disclosing Jackson Pollock's palette in Alchemy (1947) by non-invasive spectroscopies. *Heritage Science* 4, 18, 2016, 7. <https://doi.org/10.1186/s40494-016-0089-y> (2025. 01. 19.).

csoportot különböztethetünk meg: a kobalt-foszfátokat („kobaltviola sötét”) és a kobalt-arszenátokat („kobaltviola világos”). A szakirodalom hat vegyület között tesz különbséget: kobalt-foszfát, kobalt-foszfát-hidrát, ammónium-kobalt-foszfát hidrát, lítium-kobalt-foszfát, magnézium-kobalt-arszenát és kobalt-arszenát.²⁶ A kobalt-foszfátok előállításánál során oldható kobaltsókat csapadékokat csapnak ki nátrium-foszfáttal, majd a keletkezett csapadékot hevítik, a hőmérséklettől függően eltérő árnyalatok nyerhetők.²⁷ Az arzéntartalmú típusok szintetizálásának folyamata bizonytalanabb, az egyes források között nincs egyetértés az eredeti eljárásra vonatkozóan.²⁸ Viszonylag drága pigment volt, színezőereje gyenge, hasonlóan az ultramarin violához, ezért gyakran keverékben használták. Azonosították például amerikai absztrakt expresszionista festők²⁹, futurista alkotók³⁰ művein, az 1910-es évekből spanyol festményeken³¹, de Picasso alkotásán³² is.

Referenciaanyagok

Az OMRRK Diagnosztikai Osztály céljai között egy saját referencia-adatbázis felépítése is szerepel, amelyet a műtárgyakból származó anyagok adataival tudunk a későbbiekben összevetni, a pontosabb anyagmeghatározás érdekében. A mesterségesen szintetizált lila pigmentek egy része jelenleg is elérhető a piacon, ezért ezek közül hét mintát szereztünk be, két gyártótól (Kremer Pigmente és Sennelier), egyet pedig a Magyar Képzőművészeti Egyetem Vizsgáló labor archív pigmentgyűjteményéből, amelyeket standardokként tudunk használni a továbbiakban. Munkánk megkönnyítése érdekében betű és szám kombinációjából álló jelzésekkel láttuk el őket, melyek a következők:

BL2 – Han lila (Kremer #10074);

V1 – mangánviola (Kremer #45350)

V2 – ultramarin viola (Kremer #42601);

V3 – ultramarin viola (Sennelier 916);

V4 – kobaltviola (Kremer #45800);

V5 – mangánviola (Sennelier 915);

V6 – mangánviola (MKE – Magyar Képzőművészeti Egyetem Vizsgáló labor).³³

Az előzőekben felsorolt szervezetlen pigmentek között azonban vannak olyanok is, amelyeket már nem gyártanak, mert veszélyes anyagokat, például arzént tartalmaznak (pl. kobalt-arszenát). Legtöbbjükre találunk megfelelő adatot a szakirodalmi forrásokban, mivel már számos művész alkotásán azonosították őket. Az általunk összegyűjtött hét mintát fototechnikai, optikai mikroszkópos, elektronmikroszkópos, röntgenfluoreszcens és röntgen-diffrakciós vizsgálatoknak vetettük alá, az eredményeket az 1–5. ábrák foglalják össze.

A referenciaanyagok fototechnikai vizsgálatai

Az említett referencia-adatbázis felépítéséhez a beszerzett pormintákból mintatáblákat készítettünk. A pigmenteket MDF hordozóra, PVB [Mowital poli(vinil-butirál)] kötőanyagból és csontfekete pigmentből készült alapon, ugyanezzel a kötőanyaggal festettük fel. A mintatáblákon BL jelzéssel a kék referenciapigmentek szerepelnek, V jelzéssel pedig a lilák. A táblákról első lépésben a Phase One Rainbow MSI berendezés segítségével elvégeztük a fototechnikai vizsgálatokat, 8 különböző csatornában.³⁴

Reflexiós felvételek (1. ábra)

Az alacsony törésmutatójú kötőanyaggal felfestett felületek normál fényben egymástól jól elkülöníthetők. A kö-

³³ Az elvégzett vizsgálatokat követően bizonytalan eredményeket kaptunk. Az XRF vizsgálat elenyésző mértékű mangán (Mn) tartalmat mutatott ki, jelentős bárium (Ba) és kén (S) mellett, a SEM vizsgálat pedig nem mutatott ki Mn-t. Emiatt az anyagot a további vizsgálatok (Raman, HPLC/Py-GC) elvégzéséig kivettük a referenciák közül.

³⁴ **Normál- és sűrűfényes felvétel (VIS, Vis-R, Vis, Rak):** Phase One IXG kamera, Schneider Kreuznach RS 72 mm objektív + Schott BG38-as szűrő, Dedolight DLED4-D 5600K visible led + Schott BG38-as szűrő; **Látható sugárzással gerjesztett infravörös lumineszcens felvétel (VIRL, Ir-Lu_Vis):** Phase One IXG kamera, Schneider Kreuznach RS 72 mm objektív + Schott (093) RG830-as szűrő, Dedolight DLED4-D 5600K visible led + Schott BG38-as szűrő; **UV-reflexiós felvételek (UVR, Uv-R_Uv365):** Phase One IXG kamera, Schneider Kreuznach RS 72 mm objektív + Schott UG1-es szűrő, Dedolight DLED4-UV 360 nm UV led + Schott UG11-es szűrő; **UV sugárzással gerjesztett látható tartományú lumineszcencia vizsgálat (UVL, Vis-Lu_Uv365):** Phase One IXG kamera, Schneider Kreuznach RS 72 mm objektív + Schott UG1-es szűrő, Dedolight DLED4-UV 360 nm UV led + Schott UG11-es szűrő; **UV tartományú sugárzással gerjesztett infravörös lumineszcencia vizsgálat (UVIRL, Ir-Lu_Uv365):** Phase One IXG kamera, Schneider Kreuznach RS 72 mm objektív + Schott (093) RG830-as szűrő, Dedolight DLED4-UV 360 nm UV led + Schott UG11-es szűrő; **Infravörös fotográfia (Ir-R_Ir860-1000):** Phase One IXG kamera, Schneider Kreuznach RS 72 mm objektív + Schott (093) RG830-as szűrő, Dedolight DLED4-infravörös 860 nm IR led; **Hamis színes infravörös/kevert csatornás infravörös reflexiós felvétel (IRFC):** Mesterségesen létrehozott felvétel, melyet a szoftver meghatározott módon a normál fényes és infravörös-reflexiós felvétel RGB csatornáinak módosításával hoz létre; **Hamis színes ultraibolya/kevert csatornás ultraibolya reflexiós felvétel (UVRFC):** Mesterségesen létrehozott felvétel, melyet a szoftver meghatározott módon a normál fényes és ultraibolya reflexiós felvétel RGB csatornáinak módosításával hoz létre.

²⁶ Corbeil, Marie-Claude – Charland, Jean-Pierre – Moffatt, Elizabeth A.: The Characterization of Cobalt Violet Pigments. *Studies in Conservation*, 47(4), 2002, 245. <https://doi.org/10.1179/sic.2002.47.4.237> (2025. 01. 20.).

²⁷ Eastaugh et al. 2004. 117.

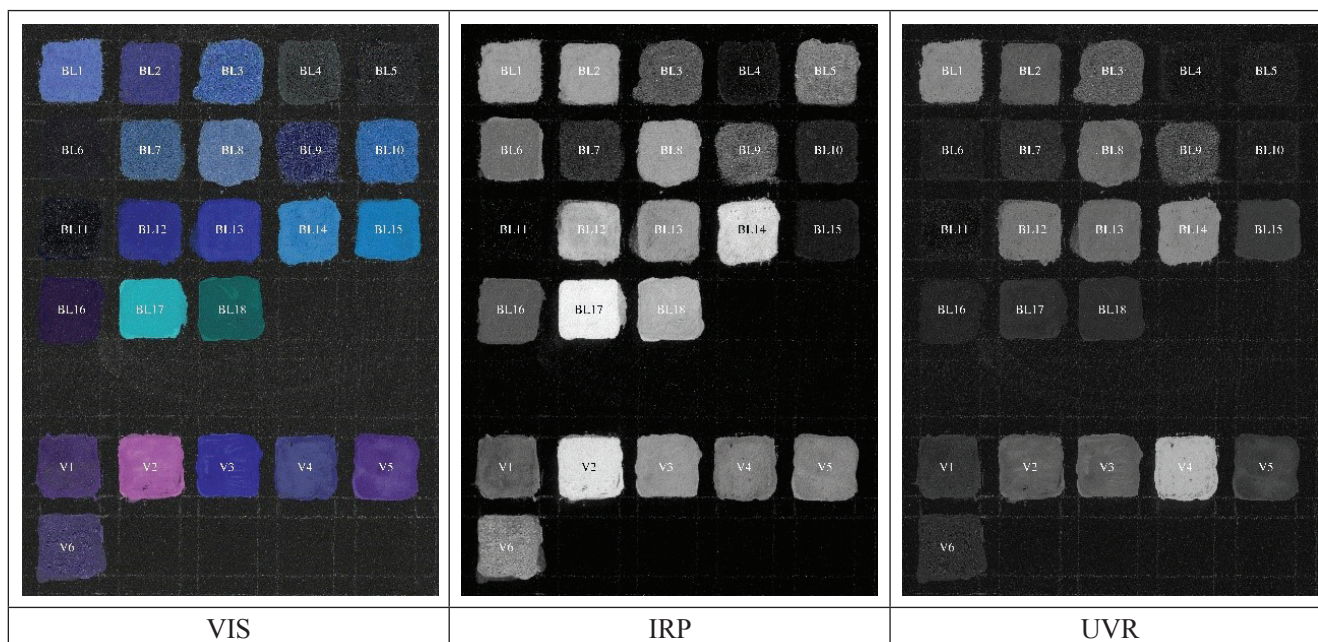
²⁸ Corbeil et al. 2002. 237–249.

²⁹ Rogala 2014. 135.

³⁰ Anselmi, C. – Vagnini, M. – Cartechini, L. – Grazia, C. – Vivani, R. – Romani, A. – Rosi, F. – Sgamellotti, A. – Miliani, C.: Molecular and structural characterization of some violet phosphate pigments for their non-invasive identification in modern paintings. *Spectrochimica Acta*, Volume 173, 2017, 439–444. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.09.017> (2025. 01. 19.).

³¹ Roldán et al. 2011. 291–292.

³² Casadio, F. – Bezúr, A. – Fiedler, I. – Muir, K. – Trad, T. – Maccagnola, S.: Pablo Picasso to Jasper Johns: a Raman study of cobalt-based synthetic inorganic pigments. *Journal of Raman Spectroscopy*, Wiley Online Library, 2012, 1769–70. <https://doi.org/10.1002/jrs.4081> (2025. 01. 19.).



1. ábra. Reflexiós felvételek

zeli infravörös sugárzást mérsékelten visszaveri gyakorlatilag az összes vizsgált pigment, középszürke tónusban jelennek meg a felvételeken, ami azt jelenti, hogy sem abszorpciójuk, sem reflexiójuk nem jelentős. Egyedül a *V2*-es minta (ultramarin viola – Kremer #42601) reflexiója maximuma emelkedik ki a sorból. Erősebb, mint a hasonló összetételű lapis lazuli (*BL8*, term. ultramarinkék) és a mesterséges ultramarinkék (*BL13*) reflexiója.

Az ultraibolya sugárzást szintén közepes mértékben verik vissza a pigmentek, ám alacsonyabb intenzitással, mint az infravöröset. A mangántartalmúak (*V1*, *V5*, *V6*) inkább elnyelik, sötétek. A kobaltviola (*V4*) kivételével jelentős UV reflexiót egyik sem mutatott.

Kevert csatornás infravörös-reflexiós és ultraibolya reflexiós felvételek (2. ábra)

Hamis színes UV-reflexiós felvételen az erős közeli ultraibolya reflexiója miatt a kobaltviola (*V4*) kékbe vált, a többi egyértelműen zöld irányba változik. Hamis infravörös felvételeken a *V4*-es minta viszont nem különül el a többitől. Ezen a felvételen ugyanis az ultramarin viola (*V2*) sárgára vált – az összes többi vörös irányba változik –, ami így egy jó indikátor lehet az előzetes azonosítására.

Lumineszcens felvételek (3. ábra)

Az eddig is köztudott volt, hogy a Han lilának (*BL2*) és a kékek közül az egyiptomi kéknek (*BL3*), valamint a mangánkéknek (*BL15*) van infravörös tartományú lumineszcenciája.

A megvizsgált pigmentek a különböző gerjesztések hatására máshogy reagálnak. UV sugárzás hatására a látható tartományban egyik anyag sem emittál, ugyanezzel a gerjesztéssel viszont a Han lila erős lumineszcenciát

mutat az infravörös tartományban, a többi anyag viszont nem. Ezek alapján tehát a Han lila megkülönböztethető a többitől.

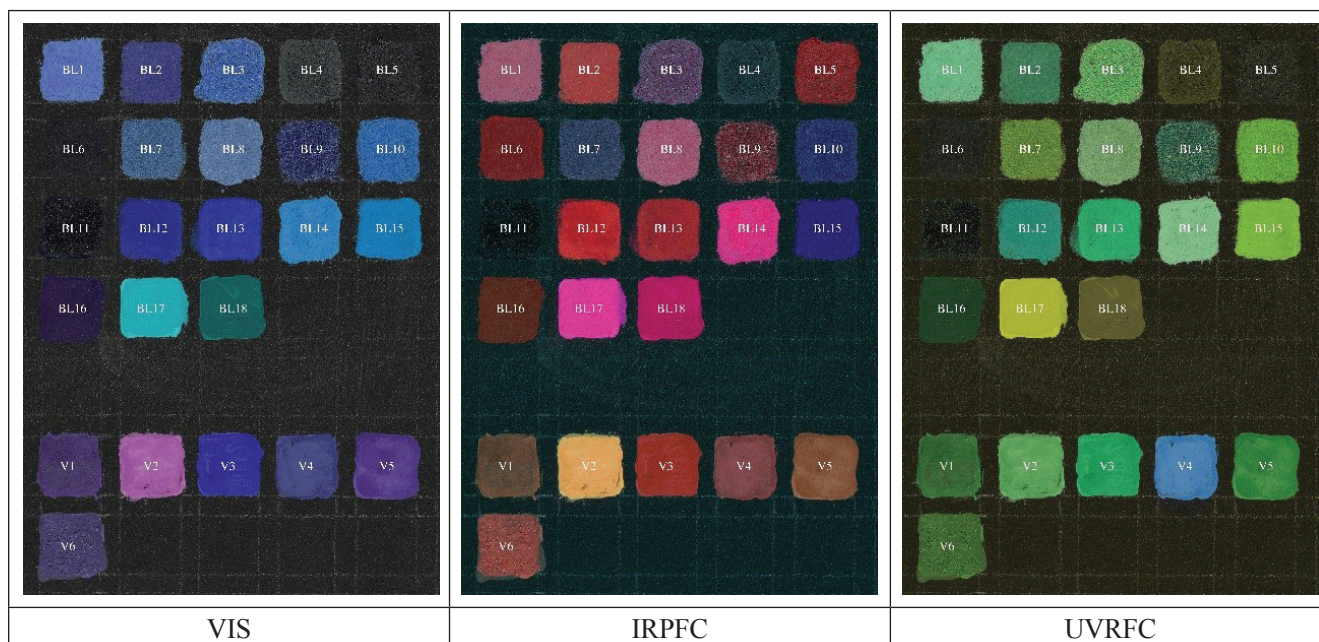
A többi minta közül egyedül a *V6*-os jelzésű mangánviola volt, ami gyenge infravörös lumineszcenciát mutatott mindkét gerjesztés hatására. A kutatás korai fázisában az ellentmondásos eredmények miatt a mintáról csak az XRF adatokat közöljük. A további kiegészítő vizsgálatok során később megállapítottuk, hogy minimális mangántartalom mellett báriumot és kén tartalmaz, így nagy valószínűséggel a mesterséges bárium-manganát-szulfát lila változatáról van szó.

A multispektrális felvételek elkészítése után úgy tűnik nem kaphatunk olyan egyértelmű eredményt, ami alapján a pigmentek feltételes összetételét meghatározhatjuk, vagy egymáshoz képesti megkülönböztetését elvégezhetjük. Ugyanis egy-két kivételtől eltekintve a legtöbb spektrumban egyik vizsgált anyag sem mutatott kellően egyedi reakciót.

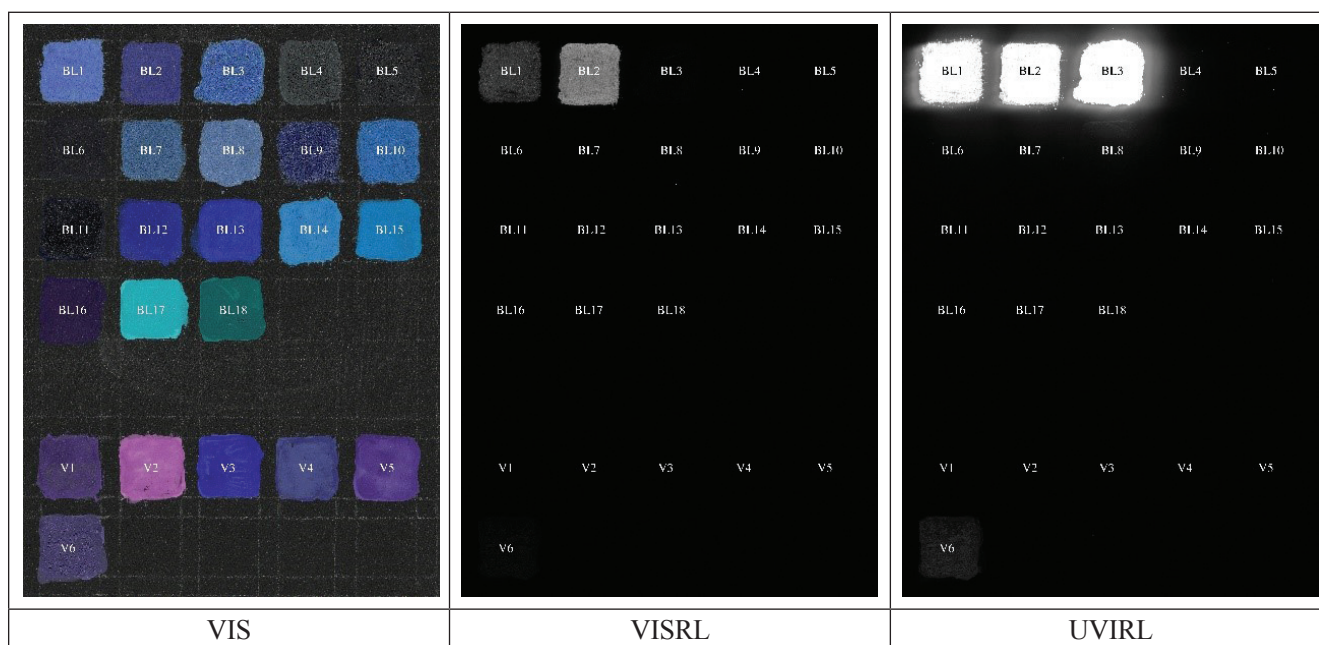
A reflexiós felvételek segítségével az ultramarin viola szembevető infravörös reflexiója és a kobaltviola UV reflexiója jól detektálható, így ezek a pigmentek jól elkülöníthetők társaiktól, különösen, ha a kevert csatornás reflexiós felvételeket is felhasználjuk a kiértékelésnél, hiszen azokon egyedi szín módosulást mutatnak.

Lumineszcencia alapon csak a Han lilát tudjuk azonosítani, viszont ezt egyértelműen, mert a többi típusnak egyáltalán nincs a vizsgált tartományban detektálható lumineszcenciája.

A reflexiós tulajdonságok alapján ennek ellenére lehetnek kétségeink, mert hasonló hatást kiválthat egy keverék



2. ábra. Normál fényes reflexiós és az úgynevezett kevert csatornás reflexiós felvételek (hamis infravörös és ultravioleta)



3. ábra. Normál fényes reflexiós felvétel balra, infravörös lumineszcens felvételek (középen és jobbra)

lila pigment is, amit például a kobaltkék, a krómörös és a cinkfehér fizikai elegyből hoznak létre. Ugyanis egy ilyen keveréknek lehetnek hasonló reflexiós tulajdonságai, mint a fent említett önmagukban lila anyagoknak.

A szakirodalomban több példát is lehet arra találni, hogy a mangánkék pigment 1300 nm fölött emittál, ebből logikusan adódhat, hogy a mangánlilák is produkálják ezt

a tulajdonságot, ám kémiai összetétel és kristályszerkezeti különbségek miatt ez nem valószínű.³⁵

A referenciaanyagok beszerzett hét szervesen lila pigmentről készült fototechnikai, optikai mikroszkópos

³⁵ A kutatás során alkalmazott multispektrális képalkotás során az 1000 nm feletti emissziót nem tudjuk rögzíteni. A vizsgálatok folytatásaként készíteni fogunk 1250–1510 nm közötti felvételeket, hogy ellenőrizni tudjuk, a mangánlilák infravörös lumineszcenciáját.

és elektronmikroszkópos felvételek eredményeit a 4. ábra illusztrálja, az 5. ábra pedig a röntgenfluoreszcens (XRF) és röntgendiffrakciós (XRD) mérések spektrumait közli.

A referenciaanyagok optikai mikroszkópos vizsgálatai

A beszerzett referenciaanyagokból (porpigmentek) szemcsepreparátumokat készítettünk. A szemcséket kanadalzsamba ágyasztuk, és Zeiss Axio Imager.A2m polarizációs mikroszkóppal polarizált áteső fényben vizsgáltuk. A pigmentek típusára vonatkozóan alakítani és optikai jellemzőik alapján vontunk le következtetéseket.

A referenciapigmentek morfológiai és optikai jellemzői a mikroszkópos vizsgálatok alapján megfelelnek a szakirodalomban közölteknek.

A Han lila (BL2 – Kremer) változatos szemcseméretű (3–50 mikrométer), éles törésfelületű, anizotróp összetevőkből áll, melyekre jellemző a pleokroizmus: színe a mély lilától az áttetszőig változhat.

Az ultramarin violák (V2 – Kremer és V3 – Sennelier) izotróp, 3 mikrométer körüli és alatti méretű, szabálytalan, szögletes vagy kerekded szemcsékből állnak. Színükben viszont jelentős eltérés figyelhető meg: a Sennelier gyártmánya (V3) nagyobb mennyiségű kéket tartalmaz, kevesebb kékeslila vagy lila mellett, míg a Kremer (V2) nevében is jelzett „violet pink” változatát nagyrészt rózsaszín, kevesebb lila és kék összetevő alkotja. Mivel a különböző árnyalatokat a gyártók a kék színű ultramarin továbbkezelésével érik el, nem meglepő, hogy a végtermék többféle színű alkotórészt tartalmaz.

A kobaltviolát (V4 – Kremer), aminek szemcsemérete 1–3 mikron közötti, lekerekített, ovális formák jellemzik. A kettőtörő összetevők pleokroóssak, színük a rózsaszín-lilástól a narancsosig terjed, keresztezett polarizátoroknál élénk rózsaszín és rendellenes zöld színek figyelhetők meg. A referenciamintában látható szemcsék optikai és formai jellegzetességei a szakirodalomban közölt hat kobaltviola változat közül a kobalt-foszfát típusal mutatnak egyezést.

A mangánviolák (V1 – Kremer és V5 – Sennelier) közül mindkét gyártó pigmentjére a lekerekített, szferulitos formák jellemzők, a kettőtörő szemcsék 1–10 mikron közötti méretűek, színük lila-kékeslila és pleokroós összetevőket is tartalmaznak (kék-lila). Optikai és alakítási jellemzőik alapján a két cég terméke hasonló.

A referenciaanyagok elem- és fázisanalitikai vizsgálatai

Röntgen-fluoreszcens vizsgálatok

A tanulmányozott lila pigmentek csontfekete festékkel bevont fatáblára voltak felfestve adott vastagságban. Az elemanalitikai méréseket az így felvitt pigmenteken végeztük el, amely során kézi hordozható XRF készülékkel elemeztük ezeket az anyagokat, különös tekintettel

a fő alkotók mellett esetlegesen lévő kísérő, szennyező, módosító elemekre. Ezzel a mérésorozattal tehát a gyári referenciapigmentek kémiai tisztaságát tudtuk ellenőrizni. A mérési eredmények kiértékelésénél fontos észben tartani a háttér összetevőit, azaz azon felület kémiai összetételét, amire a vizsgált pigmentek fel vannak festve. Mivel a fatábla felülete csontfeketével festett, ezért ebben a háttérben jelentősebb kalcium- és foszfortartalomra kell számítani, lévén a csontfekete kalcium-foszfát alapú pigment. Ezért látható a lila pigmentekről készített XRF mérések majd mindegyik spektrumában kisebb-nagyobb intenzitású kalcium $K\alpha$ - és $K\beta$ -csúcs (5. ábra). A csontfekete másik fő összetevője a foszfor, ami kisebb rendszámú elem, mint a kalcium és így gyengébb is az emittált jele, és ezért kisebb intenzitással jelennek meg a foszfor K-vonalak, de legtöbb esetben elnyelődnek a közegben, lévén kis energiájú jel. Emiatt a nem foszfortartalmú lila pigmentek esetében nem is jelenik meg a háttérből jövő foszforcsúcs a spektrumokban (5. ábra). A foszfát-tartalmú lila pigmentek esetében (mangán-foszfát, kobalt-foszfát) a foszfor jelei természetesen intenzív $K\alpha$ -csúccsal jelennek meg (5. ábra), hiszen ezek ténylegesen a felkent pigmentből származnak, a foszfor azok alkotó eleme. Az 5. ábra összes spektrumában, a 3 keV-nál megjelenő széles sáv, több csúcs egymás közelében, az XRF készülék ezüst anóddal működő röntgensővéből származó jelek (Ag-L vonalak), melyek szintén nem a vizsgált pigmentekből származnak.

A Han lila spektrumában szépen látszanak a bárium-réz-szilikát összetételű mutató elemek csúcsai, a Si- $K\alpha$, a Ba-L csúcsai és a Cu- $K\alpha$ és $K\beta$ csúcsai.

A V1 (mangánviola) spektrumában a mangán-foszfát összetételnek megfelelő Mn és P csúcsok megfigyelhetők.

A V2 (ultramarin viola, Kremer) pigment spektrumában az ultramarinra jellemző Al, Si és S elemek K-csúcsai látszanak, a Na elemet, mint fontos ultramarin alkotót az általunk használt XRF technika nem tudja kimutatni.

A V3 (ultramarin viola, Sennelier) esetében az XRF spektrumában jól azonosíthatók az ultramarinra jellemző csúcsok, melyek XRF technikával kimutathatóak (Al, Si és S).

A V4 (kobaltviola) spektrumában a kobalt-foszfát összetételű kobaltviola alkotó elemei látszanak szépen, azaz a Co- $K\alpha$ és $K\beta$, valamint a P- $K\alpha$ csúcsai.

A V5 (mangánviola) spektruma a V1 pigment spektrumával azonos, azaz itt is a mangán-foszfát összetételű mutató elemek intenzív K-csúcsai figyelhetők meg.

A V6 (mangánviola) lila színű pigment esetében kérdéses a tényleges összetétel, ugyanis elenyésző mangántartalom (Mn) mellett főként bárium (Ba) és kén (S) csúcsok láthatók a spektrumában, foszfor (P) ezzel szemben nem. A minta pontos összetételének meghatározásához további kiegészítő – kromatográfias és molekula-spektroszkópiás – vizsgálatok szükségesek.

A fenti XRF vizsgálatok alapján tehát a beszerzett referenciaanyagok két kivétellel megfelelnek annak, amit a gyártók a megnevezésben és a biztonsági adatlapokon

közöltek. Ahogy erre már utaltunk, az MKE készletéből származó V6-os minta további elemzést igényel.

Pásztázó elektronmikroszkópos elemanalitikai (SEM-EDX) vizsgálatok

A pásztázó elektronmikroszkópia segítségével lehetőség nyílik kaparékmintákról és keresztmetszet-csiszolatokról az optikai mikroszkópok nagyítását meghaladó képek készítésére, valamint ezek kémiai elemzésére, megfelelő mintaelőkészítést követően. A vizsgálatokat egy Zeiss Sigma 360VP téremissziós elektronmikroszkóppal végeztük, mely szekunder elektron, visszaszórt elektron, és Oxford Ultim MAX EDS detektorral is rendelkezik. A visszaszórt elektronokkal készített felvételek előállításához jellemzően 15–20 kV gyorsítófeszültségre van szükség. Az Oxford Ultim MAX EDS detektorral karakterisztikus röntgensugárzás detektálására és elemtérképezésre is lehetőség nyílik.

A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok során a referenciaanyagokat por formájában szénszalagra rögzítettük, ezzel megőrizve a gyártó által kialakított szemcseméreteloszlást és kristályalakot. A vezetőképesség biztosítása érdekében pár nanométer vastag elemi szén réteggel vontuk be a mintákat, ezzel csökkentve a minta töltődésének hatását, és biztosítva a minta vezetőképességét.

A Han lila (BL2) pigment főként 20 mikronos szemcsékből áll, melyeket finom törmelék fed. Jellegzetes kristály alak nem figyelhető meg, inkább hasadási felszíni kép mutatkozik. Összetétel szempontjából szilícium (Si), bárium (Ba) és réz (Cu) alkotja. A szemcseméret függvényében az összetétel nem változik, így a mérések alapján tiszta anyagról van szó, vagyis elemösszetétel alapján a pigment egy komponenset tartalmaz, eltérő szemcseméretben.

A V1 (mangánviola) mintában 1–4 µm közötti méretű összetevők figyelhetők meg, a szemcsék alakja azonos, jellegzetes kristályforma nem megállapítható. Fő összetevőként a mangán (Mn) és a foszfor (P) van jelen, azonban a mérések alapján kimutatható alumínium (Al), szilícium (Si) és még mérhető szinten kálium (K). A szilícium és az alumínium mért értékei 2% alatt vannak, azonban arányuk a mérés során azonos, így feltehetően a gyártás során kerültek szennyezőként (kontaminációként) a pigmentek felszínére.

A V2 (ultramarin viola, Kremer) mintában található szemcsék átmérője ~2 µm, ennél kisebb, vagy nagyobb méretű szemcséket nem tartalmaz. A szemcsék felszíne tört. Elemösszetétel szempontjából az egyes mérési pontok között érdemi különbség nem mutatható ki. A mért elemek Na; Al; Si; S; Cl; K; Ca. A Cl és K fél százalék alatti koncentrációban van jelen. A fő mért komponensek megegyeznek az ultramarintól várt értékeknek.

A V3 (ultramarin viola, Sennelier) mintáról pásztázó elektronmikroszkóppal készült kép alapján a pigment-

szemcsék átmérője kisebb, mint a „V2” mintánál, ebben az esetben 1 µm körüli értékekkel. Összetétel szempontjából az ultramarinra jellemző elemek mérhetők: Na; Al; Si; S; K. A fő elemek mellett fél százalék körüli értékkel kalcium is mérhető.

A V4 (kobaltviola) esetében a kobalt-foszfátra jellemző szemcsealak figyelhető meg, mely jól kivehető az optikai mikroszkópos képeken is. A minta szemcsemérete 1 és 1,5 µm között mozog, minden mérési pontban mangán (Mn) és foszfor (P) mutatható ki, a két elem aránya a mérési pontokban azonos. Ez alapján a minta egynemű (homogén).

A V5 (mangánviola) minta esetében a pigment a mérések alapján jellegzetes hengeralakot mutat, melynek hosszanti oldala átlagosan 2 µm, szélessége pedig 0,8 µm. Az elemanalitikai mérések alapján az elvárásoknak megfelelő értéket kaptunk, fő elemként a mangán (Mn) és a foszfor (P) van jelen, 2% körüli koncentrációban kimutattuk az alumínium (Al) és a szilícium (Si) jelenlétét is.

Fázisanalitika, röntgen pordiffrakciós vizsgálatok

A fázisanalitikai vizsgálatokat Rigaku Miniflex 600-as porröntgen diffraktométerrel végeztük, szilícium egykristály alacsony háttérű mintatartóval. A pigmentminták porítására nem volt szükség, a felvett diffraktogramm minőségi elemzést tesz lehetővé. A mérés 1–70 fokig történt.

A Han lila (BL2) pormintán történt diffrakció alapján a minta egykomponensű, kimutatási határ felett (5V/V%) egyéb fázist nem tartalmaz, a diffraktogramm alapján bárium-réz-szilikát.

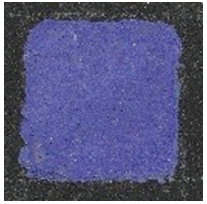
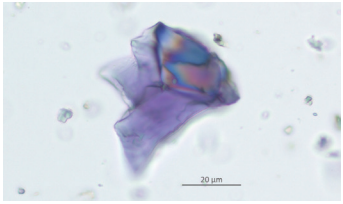
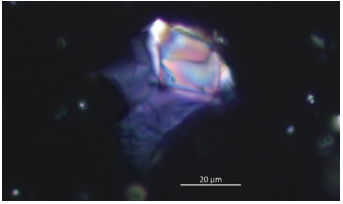
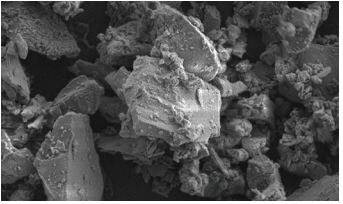
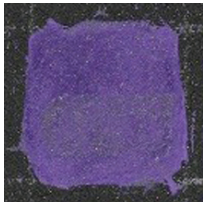
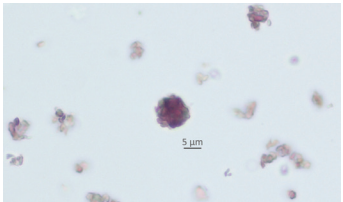
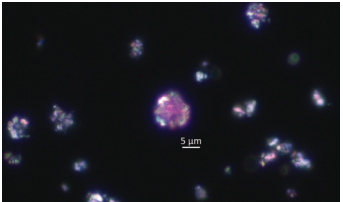
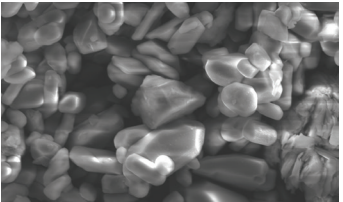

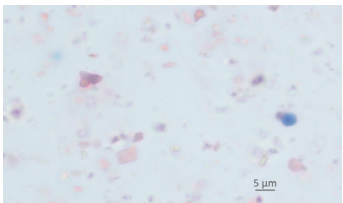
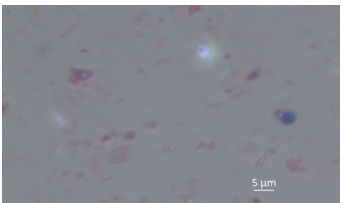
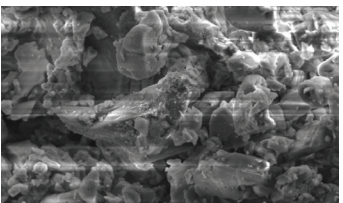
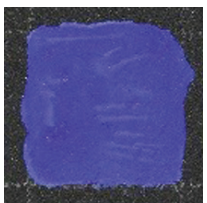
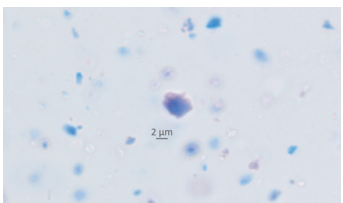
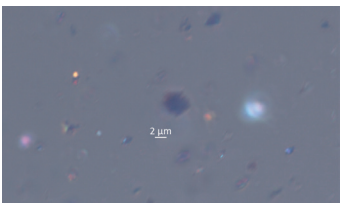
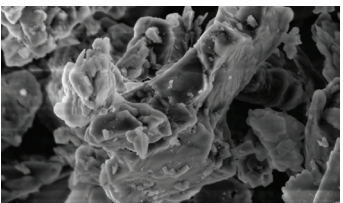
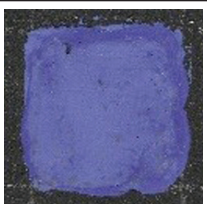
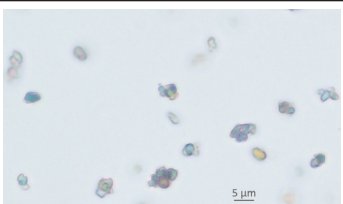
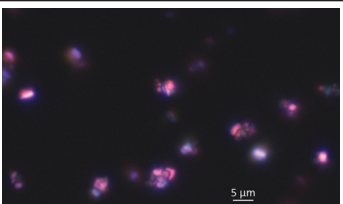
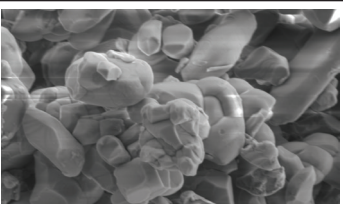
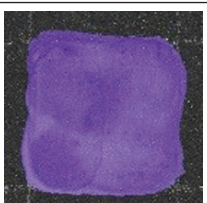
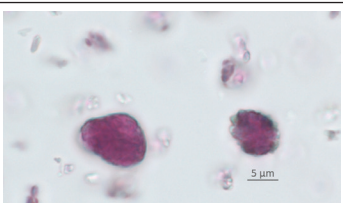
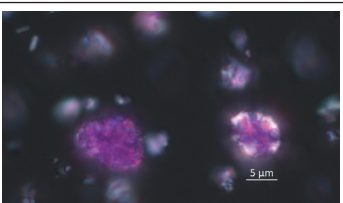
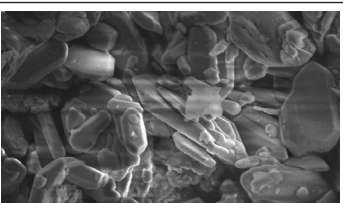
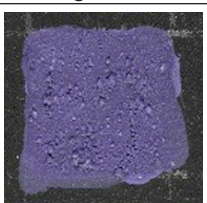
A V1 (mangánviola) vizsgálatához a kis mennyiségű referenciaanyag nem volt elégséges.

A V2 (ultramarin viola, Kremer) a felvett diffraktogramm alapján a minta kristályos szerkezete megegyezik a lapis lazuli szerkezetével. Több fázis a jelenlegi mérés alapján nem azonosítható.

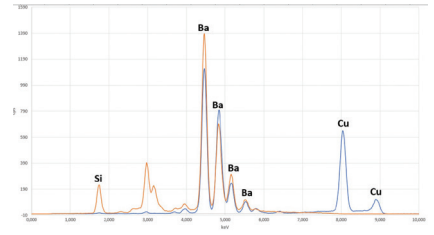
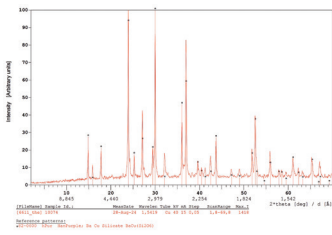
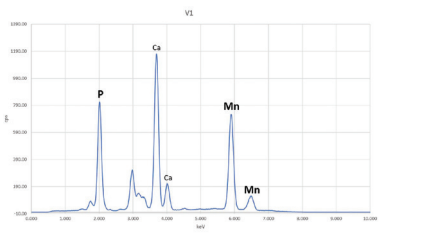
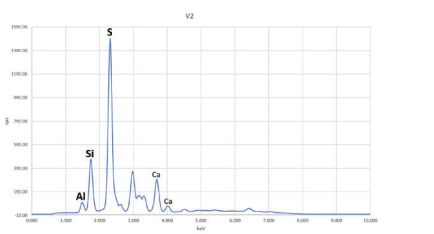
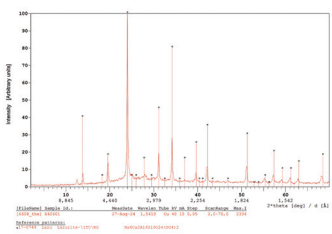
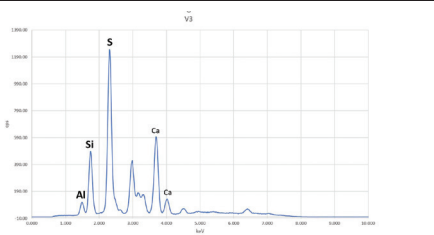
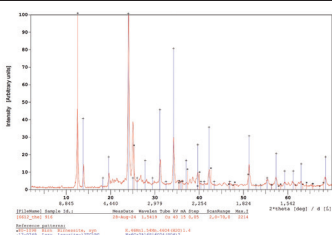
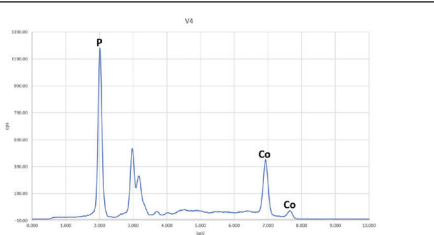
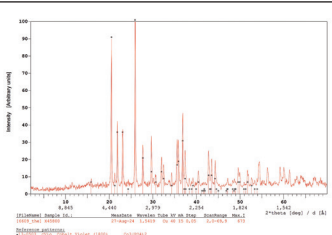
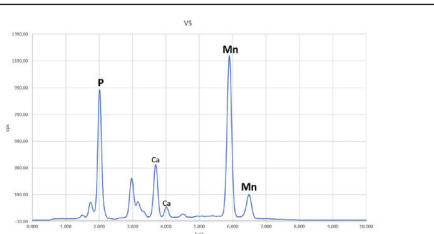
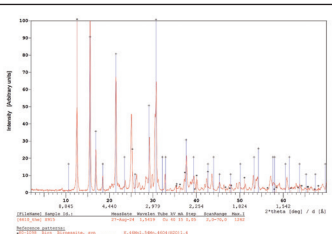
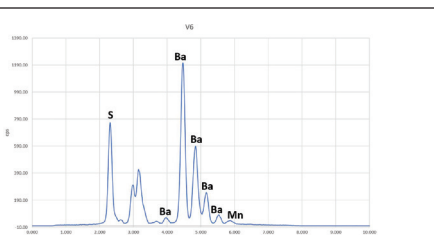
A V3 (ultramarin viola, Sennelier) esetében a felvett diffraktogramm alapján a minta kristályos szerkezete megegyezik a lapis lazuli szerkezetével. A kimutatási határ felett egy további fázis látható a diffraktogrammon, amit a jelenleg általunk elérhető adatbázis nem tartalmaz, ez feltehetően adalékanyag.

A kobaltviola (V4) minta diffraktogramma megegyezik a kobalt-foszfát $[\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2]$ /kobaltviola diffraktogrammjaival, egyéb fázis nem mutatható ki.

A V5 (mangánviola) mintában a V3 Sennelier gyártmányú mintában található „adalékanyag” szintén kimutatható. A fő fázis megegyezik a szakirodalmi értékekkel, mely alapján a minta mangánviola.

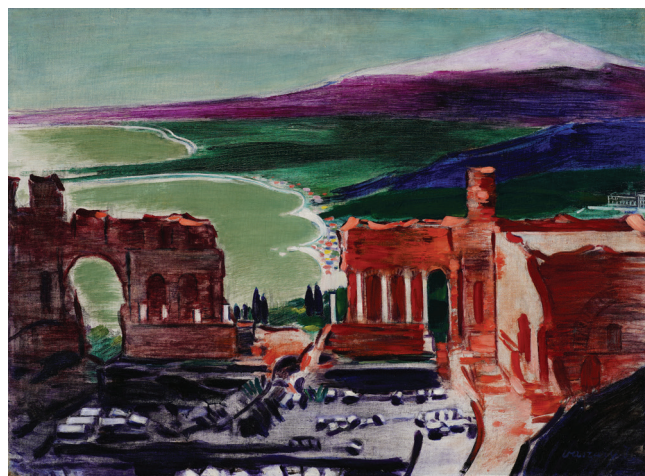
BL2 Han lila – Kremer #10074			
			
V1 mangánviola – Kremer #45350			
			
V2 ultramarin viola – Kremer #42601 (ultramarin violet pink)			
			
V3 ultramarin viola – Sennelier 916			
			
V4 kobaltviola – Kremer #45800			
			
V5 mangánviola – Sennelier 915			
			
V6 mangánviola – MKE, Vizsgálati labor – ismeretlen gyártó és beszerzési forrás			
	A további vizsgálatok elvégzéséig a mintát kivettük a referenciák közül.		

4. ábra. A Kremer és Sennelier gyártóktól, valamint a Magyar Képzőművészeti Egyetem laborjából beszerzett hét szervesetlen lila pigmentről készült normál felvételek, polarizációs mikroszkópos felvételek (párhuzamos és keresztezett állásban) és elektronmikroszkópos felvételek

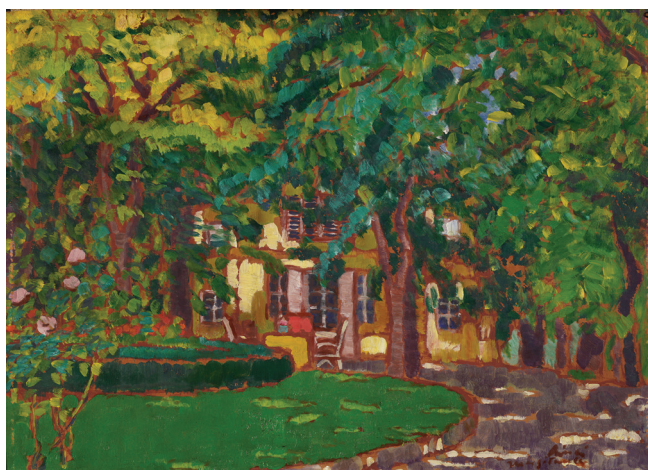
<p>BL2 Han lila</p> <p>Kremer #10074 Han lila</p>		
<p>V1 mangánviola</p> <p>Kremer #45350 mangánviola</p>		<p>A vizsgálat nem történt meg.</p>
<p>V2 ultramarin viola</p> <p>Kremer #42601 ultramarin violet pink</p>		
<p>V3 ultramarin viola</p> <p>Sennelier 916 ultramarin viola</p>		
<p>V4 kobaltviola</p> <p>Kremer #45800 kobaltviola</p>		
<p>V5 mangánviola</p> <p>Sennelier 915 mangánviola</p>		
<p>V6 mangánviola</p> <p>MKE, Vizsgálati labor ismeretlen</p>		<p>További vizsgálatok a kutatás folytatásában történnek.</p>

5. ábra. A Kremer és Sennelier gyártóktól, valamint a Magyar Képzőművészeti Egyetem laborjából beszerzett hét szervesetlen lila pigmentről készült röntgenfluoreszcens (XRF) és röntgendiffrakciós (XRD) mérések spektrumai

A kutatás keretein belül eddig megvizsgált festmények



6. ábra. Vaszary János festményei: *Verandán álló piros pizsamás nő* (balra) és *A görög színház Taorminában* (jobbra)



7. ábra. Rippl-Rónai József festményei: *A bényi kastély* (balra) és *Rippl-Rónai Lajos képmása* (jobbra)

A mesterségesen szervesen lila pigmentek kutatásának kiindulópontja a Szépművészeti Múzeum – Magyar Nemzeti Galériában Vaszary János: *Verandán álló piros pizsamás nő* című festménye volt (6. ábra). A festmény 1930 körül készült – a művész stílusára ebben az időszakban jellemzők a fehér alapozásra kevésbé kidolgozott, lendületes ecsetvonásokkal felhordott élénk színeket, befejezetlennek ható formák.³⁶ Vaszary életének utolsó éveiben nyaralásait többnyire tengerpartokon, az Adrián vagy az olasz

Riviérán, és a szicíliai Taorminában töltötte³⁷, az utóbbi helyszín ihlette az 1936-ban készült *A görög színház Taorminában* című festményét.

Rippl-Rónai József *A bényi kastély* című alkotása és testvére, *Rippl-Rónai Lajos képmása* (7. ábra) a művész ún. „kukoricás” korszakában készültek, melynek során saját elmondása alapján arra törekedett, hogy a színeket keverés nélkül, a tubusból kinyomott állapotukban hordja fel foltokban, egymás mellé.³⁸

³⁶ Gergely Mariann: „Kelet és Nyugat”, Vaszary János művészete a húszas-harmincas években. In Veszprémi Nóra (szerk.): *Vaszary János (1867–1939) gyűjteményes kiállítása*, kiállítási katalógus, Magyar Nemzeti Galéria 2007. október 18. – 2008. február 10., Budapest, 2007, Magyar Nemzeti Galéria, 92.

³⁷ Gergely 2007. 95.

³⁸ Vincze Mária: *Rippl-Rónai József „kukoricás” korszakbeli festéstechnikájának vizsgálata restaurátori szempontból*. Szakdolgozat, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Budapest, 2024, 9.

Optikai mikroszkópos vizsgálatok

A négy festmény lila festékretegeiből mintákat vettünk, melyekből keresztmetszet-csiszolatokat és szemcsepreparátumokat készítettünk. A csiszolatokhoz Araldit D két-komponensű epoxi műgyantát használtunk, a szemcséket kanadabalzsamba ágyaztuk. A keresztmetszeteket Zeiss Axio Imager.A2m polarizációs mikroszkóppal polarizált rásó, lumineszcens mikroszkóppal különböző tartományú sugarakkal gerjesztve (UV, BV tartományokban) szintén rásó, a szemcsepreparátumokat pedig polarizált áteső fényben vizsgáltuk. A rétegeket felépítő összetevőkre vonatkozóan alakotani és optikai jellemzőik alapján vontunk le következtetéseket.

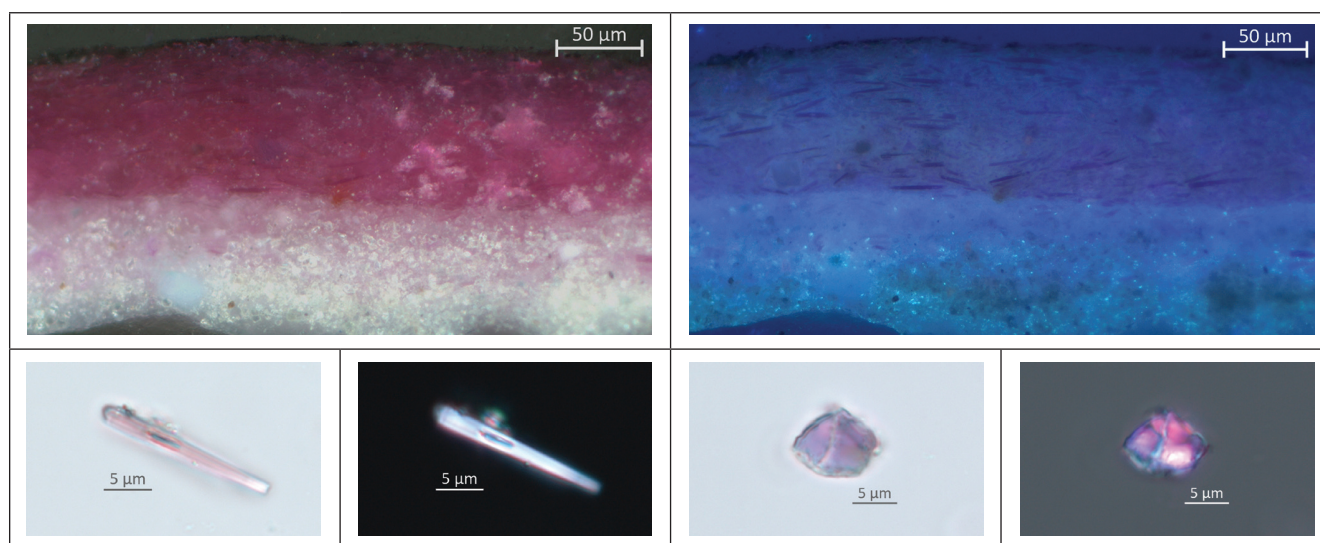
A *Verandán álló piros pizsamás nő* háttérében látható lila virágból vett minta szemcsepreparátumában morfológiai és optikai tulajdonságai alapján ammónium kobalt-foszfát és kobalt-arsenát típusú szemcséket felteleztünk (8. ábra). Előzőek esetében megfigyelhetjük a szögletes, lemezes, akár 20–50 mikrométeres szemcséket, melyek áteső megvilágításban fakórózsaszínek, és nem jellemző rájuk pleokroizmus. A kobalt-arsenát szemcséi ezzel szemben pleokroósak: színük a lila és kék között változhat, formájuk kissé lekerekített, felszínük sima, méretük 1–15 mikrométer között változik.

Rippl-Rónai József *A bényi kastély* című festményén szintén láthatók lilás árnyalatú területek, ebben az esetben a felső szegély egyik kipergése mellől vettünk mintát. A keresztmetszeten is megfigyelhetők a lila, lekerekített 5–10 mikrométeres szemcsék. A szemcsepreparátumban a standardokkal összevetve kobalt-foszfát típusú kobaltviola pigment figyelhető meg (10. ábra). Ebben a változatban a szemcsék lekerekített formájúak, pleokroósak, színük a rózsaszín-lilástól a narancsosig terjed, keresztzett polarizátoroknál élénk rózsaszín és rendellenes zöld színeket láthatunk.

Rippl-Rónai a testvéréről festett portréjának kék festéke felett, egy vékonyabb felszíni rétegben szintén található kis mennyiségű lila szemcse. A pigment optikai tulajdonságai különböznek *A bényi kastély* című képen meghatározott kobaltviola jellemzőitől, ebben az esetben valószínűleg a magnézium kobalt-arsenát típusú alkalmazott festék (11. ábra). A kerekded, pleokroós (lila-kék) 2–5 mikrométeres szemcsék felülete sima, interferencia színük fehéres, szürkéslila.

Röntgen-fluoreszcens vizsgálatok

A kutatásban kétféle berendezést használtunk a röntgenfluoreszcens vizsgálatok kivitelezésére. Az egyik egy



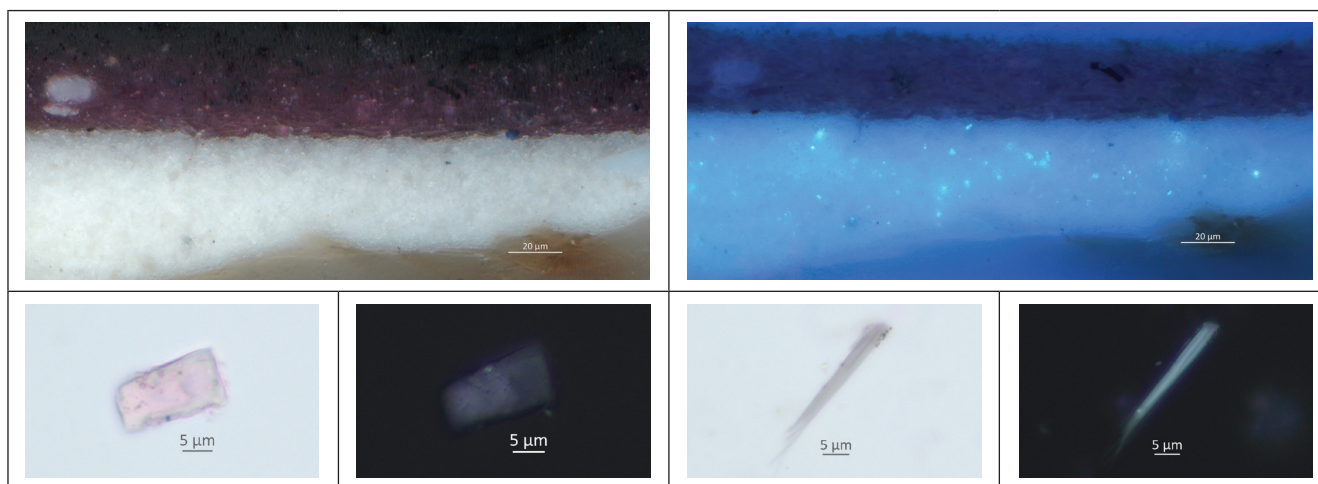
8. ábra. Fent: keresztmetszet-csiszolat (normál és UVL³⁹ felvétel), lent: lila szemcsék (PPL, XPL és PXPL⁴⁰ felvételek) Vaszary: *Verandán álló piros pizsamás nő* című festményéből

A görög színház *Taorminában* esetében, a háttérben található hegyből vett minta optikai tulajdonságai szintén ammónium kobalt-foszfátot valószínűsítettek (9. ábra).

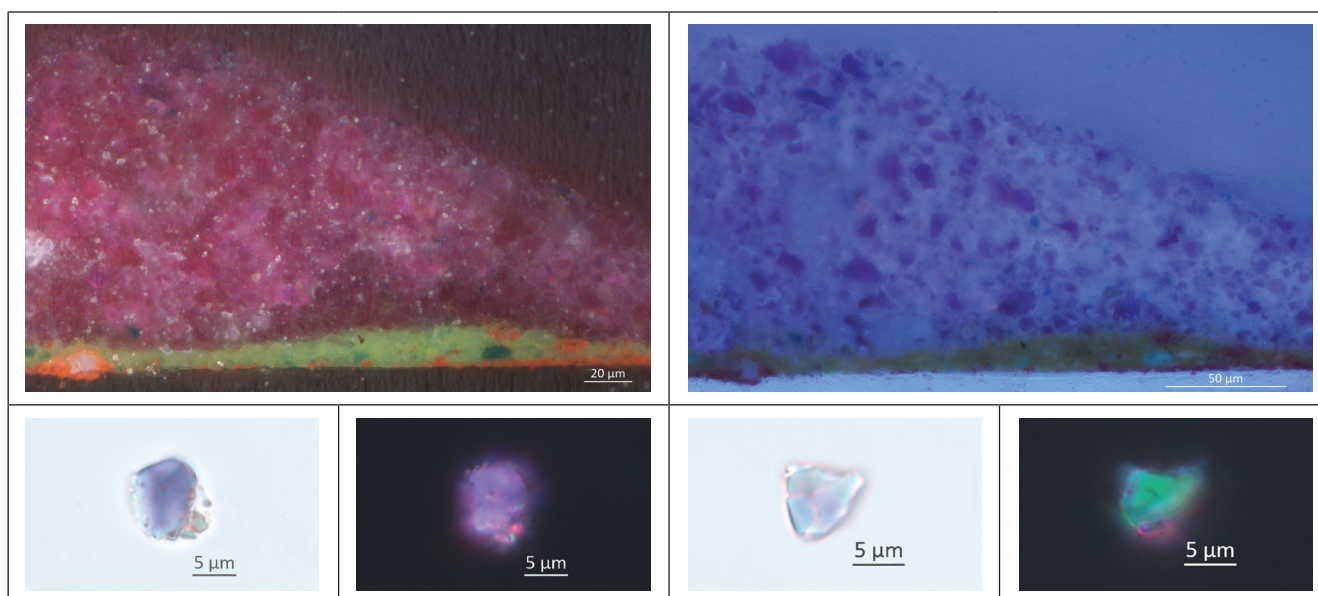
³⁹ Ultraibolya sugárzással gerjesztett látható tartományú lumineszcens felvétel.

⁴⁰ PPL – párhuzamos polarizátor állás, XPL – keresztzett polarizátor állás, PXPL – részben keresztzett polarizátor állás.

hordozható XRF, egy Thermo Scientific gyártmányú Niton XI3t GOLDD+ típusú kézi készülék, amely Ag-anódos, 50 kV-os röntgensóval és LDD detektorral (170 eV felbontású) van felszerelve. Az eszköz beépített CCD-kamerával rendelkezik, ami a pontosabb célzást segíti a mérendő felületen az elemzés során. A mennyiségi elemzés az alapvető paraméterek módszerével (FP method) és Compton-normalizációval történik. Az elemzések során



9. ábra. Keresztmetszet-csiszolat (fent: normál és UVL felvétel) és lila szemcsék (lent: PPL és XPL felvételek)
Vaszary: *A görög színház Taorminában* című festményéből



10. ábra. Keresztmetszet-csiszolat (fent: normál és UVL felvétel) és lila szemcsék (lent: PPL és XPL felvételek)
Rippl-Rónai: *A bényi kastély* című festményéből

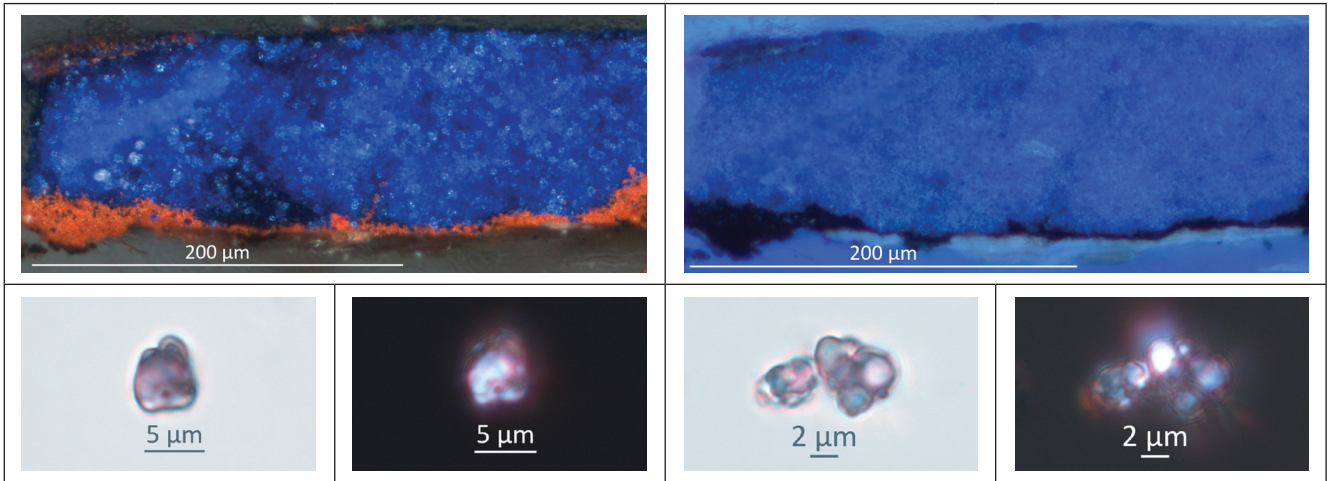
választhatóan 8 vagy 3 mm-es átmérőjű körnek megfelelő terület (beam/spot size) mérése történt.

A másik eszköz egy Bruker Jetstream M6-os mikro-XRF készülék (MA-XRF módszer), melynek segítségével pontméréseket és elemtérképezéseket hajtottunk végre. A Jetstream M6-os készülék egy motorizált mikro-XRF elemzővel van felszerelve, amelynek segítségével pontosan megcélózhatók a mérési pontok a vizsgált festményen, majd nagyobb területen is (maximálisan 60 cm × 80 cm) elvégezhetőek a nagyszámú elemanalitikai mérések, melyek során az egyedi pontmérési terület nagysága (beam/spot size) 100 mikrométertől 520 mikrométerig választható (ezek az értékek átmérők, az ennek megfelelő körök területein történik az elemzés). Nagyszámú

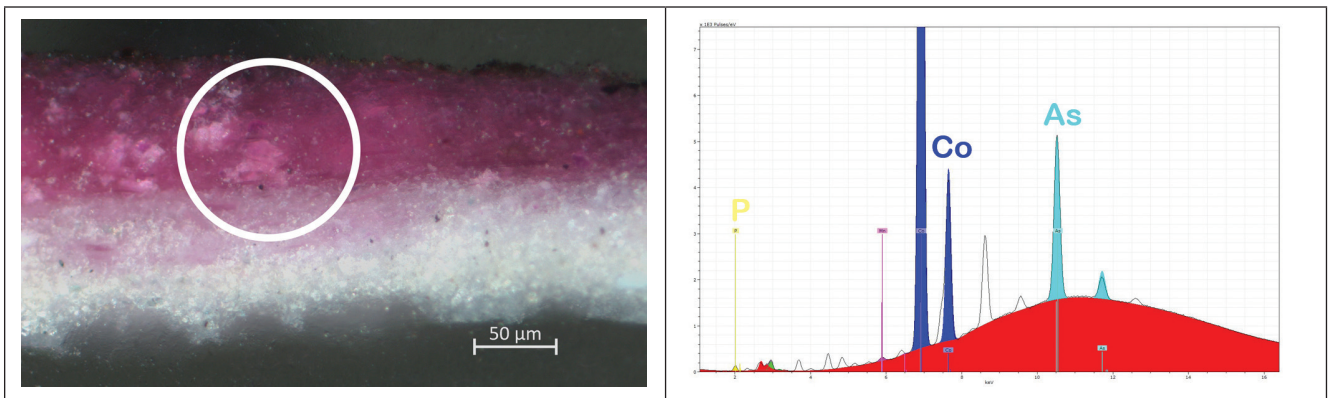
ilyen egyedi pontmérés eredményei az elemtérképek, melyek a vizsgált kémiai elemek területi eloszlásait mutatják meg, rajzolják ki a mért koncentrációjuk alapján.

A *Verandán álló piros pizsamás nő* című festményből vett minta keresztmetszetén végzett röntgenfluoreszcens mérések alátámasztották a lila rétegben a kobalt-, arzén- és foszfortartalmat, vagyis kobalt-foszfát és kobalt-arszénát típus is található a képen (12. ábra). Az eredmények alapján ezek voltak az első olyan mesterséges lila szerves-pigmentek Magyarországon, amiket meghatároztunk magyar festő alkotásán.

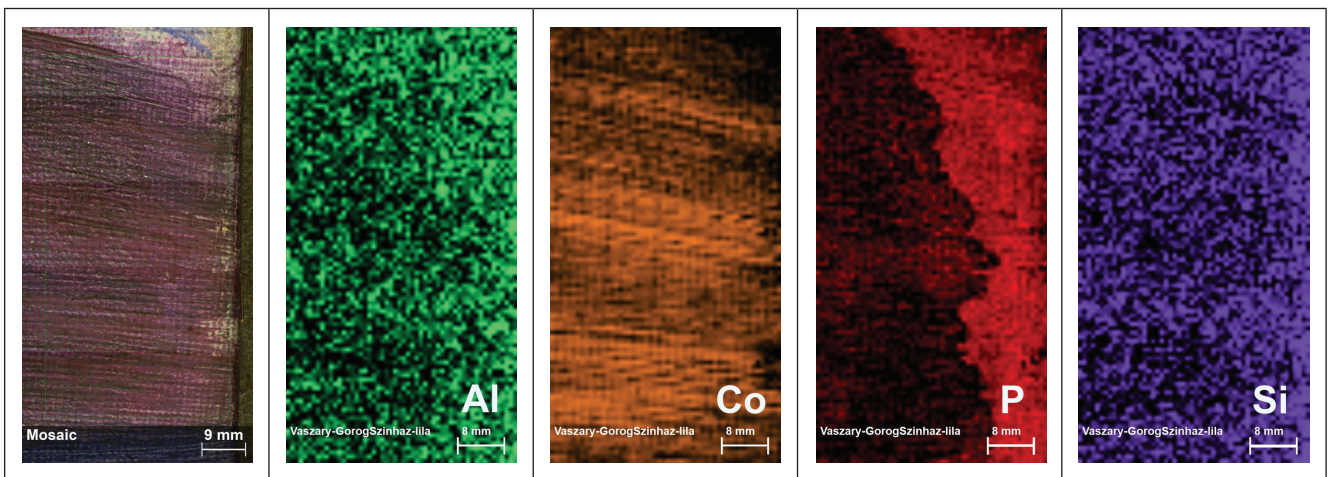
A görög színház Taorminában című kép esetében a háttérben látható hegy egy részletéről elemtérképet



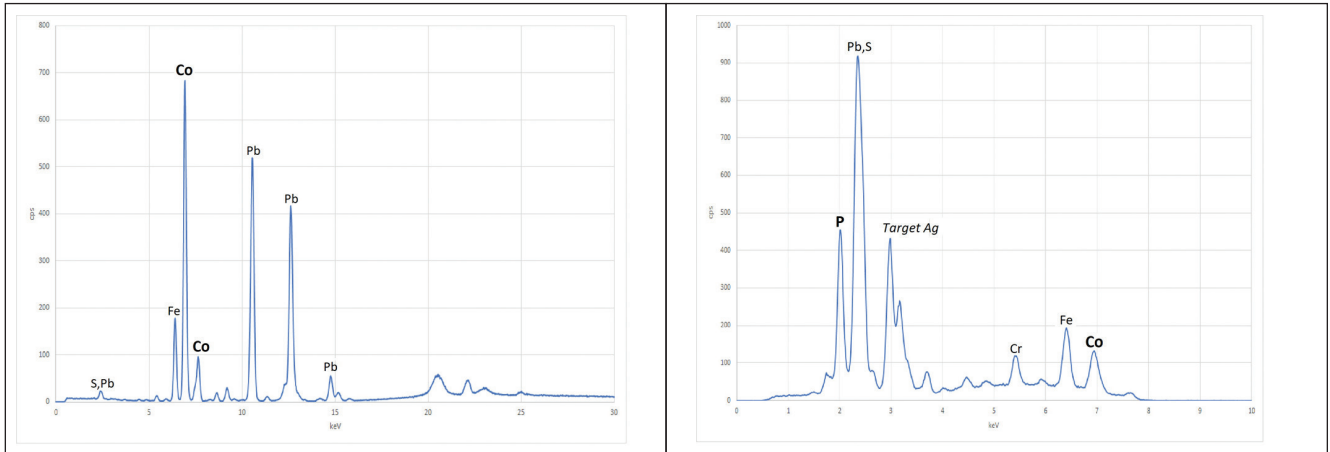
11. ábra. Keresztmetszet-csiszolat (fent: normál és UVL felvétel) és lila szemcsék (lent: PPL és XPL felvételek) Rippl-Rónai: *Rippl-Rónai Lajos képmása* című festményéből



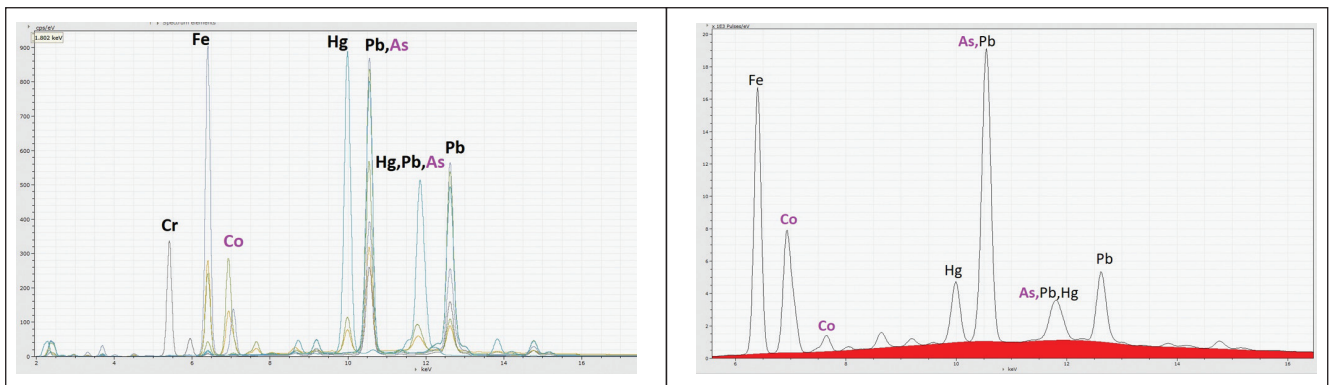
12. ábra. XRF pontmérés a *Verandán álló piros pizsamás nő* lila rétegének keresztmetszet-csiszolatán (normál felvétel) és a spektrum (jobbra)



13. ábra. XRF mérési terület (bal szélén) és elemterképek (balról: Al, Co, P, Si) *A görög színház Taorminában* részletéről



14. ábra. Rippl-Rónai *A bényi kastély* című festményének lila rétegéről készített XRF mérés spektrumai



15. ábra. A Rippl-Rónai *Lajos képmása* című festmény kék-lila rétegéről készített XRF mérés spektrumai

készítettünk. A 13. ábrán az alumínium, kobalt, foszfor, szilícium eloszlását különböző színek jelzik. A vizsgálat alátámasztotta, hogy ultramarinkék mellett a kobaltviola kobalt-foszfát típusa is megtalálható a lila festékrétegben.

Rippl-Rónai *A bényi kastély* című képéről elemtérképeket és pontméréseket készítettünk (14. ábra). A kobalt- és foszfortartalom megjelenik az elemtérképeken, de kevésbé egyértelműen, ezért kézi XRF-fel pontméréseket is végeztünk. Az így kapott spektrumokon a kobalt- és foszfortartalom határozottan megjelenik, tehát ebben az esetben is kobaltviola használatát igazolták a mérések.

A Rippl-Rónai *Lajos képmása* című festményen a mintavételi hely melletti kékeslila festékfolton végzett mérésekben a kobalt egyértelműen megjelent, az arzéntartalom igazolása azonban az ólom- és arzénsúcsok átfedése miatt nem volt egyértelmű (15. ábra).

Pásztázó elektronmikroszkópos elemanalitikai (SEM-EDX) vizsgálatok

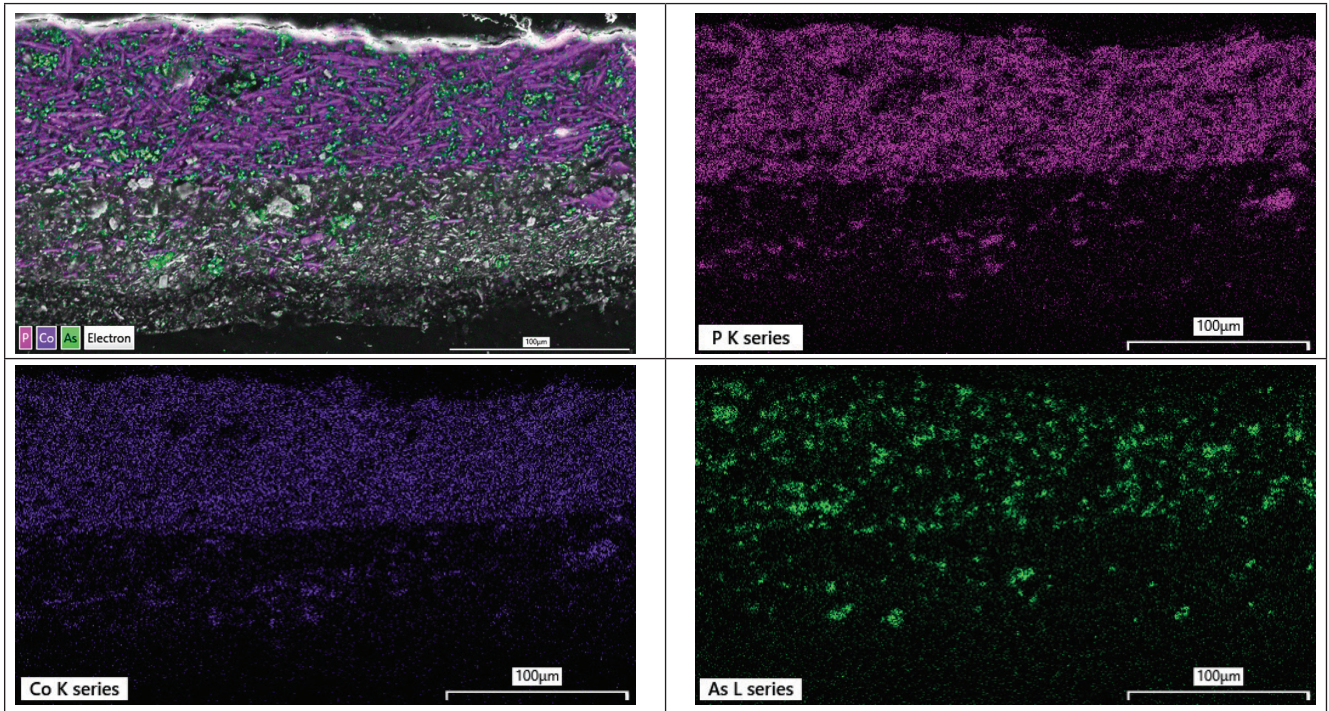
Vaszary a *Verandán álló piros pizsamás nő* című festményéből vett minta keresztmetszet-csiszolatán elemtérképeket készítettünk, amelyeken különböző színekkel

kiemeltük a lila árnyalathoz kapcsolható elemeket (16. ábra). A hosszúkas, túszerű összetevők kobaltot és foszfort, a kerekdedebb alkotórészek arzént is tartalmaznak. A mérések alátámasztották az optikai mikroszkópos és röntgenfluoreszcens mérési eredményeket is: kobalt-foszfát és kobalt-arsenát típusú pigment is található a rétegben.

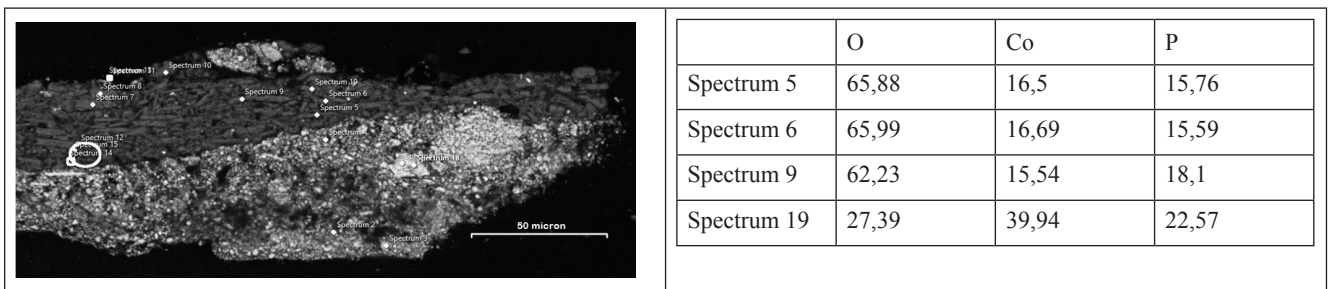
Vaszary *A görög színház Taorminában* című képén a kék és lila szemcsék keverékéből álló festékrétegből készített keresztmetszet-csiszolatán pont- és területméréseket is végeztünk. A 17. ábrán a kiemelt spektrumok adatai egyértelműen jelzik a kobalt- és foszfortartalmat a hosszúkas, tús összetevőkben, vagyis szintén kobaltviolát használt a festő.

Rippl-Rónai *A bényi kastély* című képéből szintén a keresztmetszet-csiszolatán végeztünk pontméréseket és elemtérképezést, lila színnel jelölve a kobalttartalmat (18. ábra). A mérési pontok spektrumain egyértelműen látszik, hogy az összetevők kobalt- és foszfortartalmúak, vagyis kobaltviola található ebben a rétegben is.

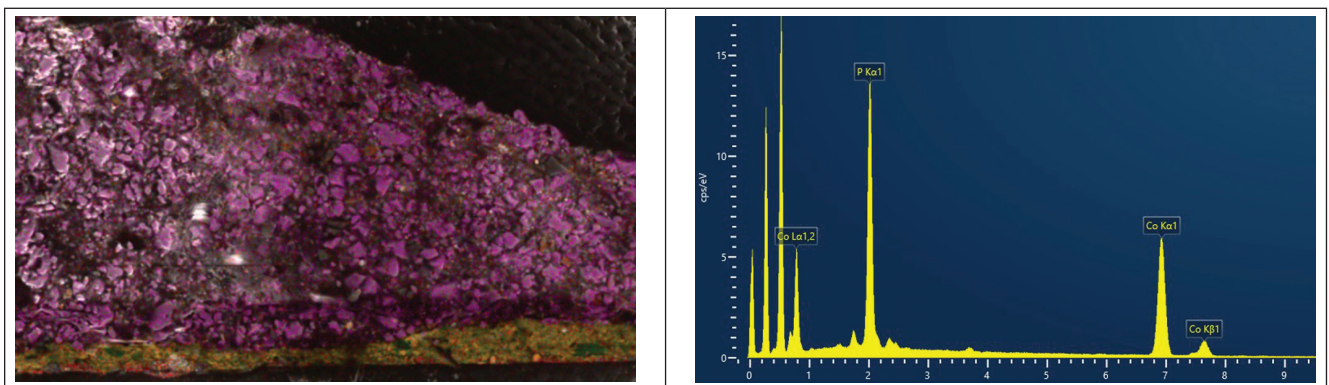
Rippl-Rónai Lajos képmása esetében a kékeslila rétegből egy beágyazatlan kaparékmintát vizsgáltunk meg.



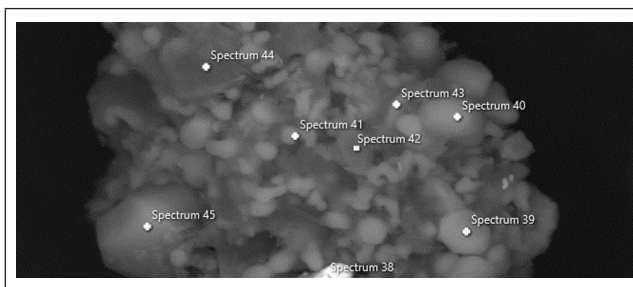
16. ábra. SEM elemterképek Vaszary a *Verandán álló piros pizsamás nő* című festményéből vett mintán



17. ábra. SEM pont- és területmérések és kiemelt spektrumok eredményei (W%)
Vaszary *A görög színház Taorminában* című festményéből vett mintán



18. ábra. SEM felvételre illesztett elemterkép és a lila összetevőről felvett spektrum Rippl-Rónai József *A bényi kastély* című festményéből vett mintán



	O	Co	P
Spectrum 39	14,19	15,04	29,34
Spectrum 40	16,5	12,7	28,14
Spectrum 43	10,93	16,38	34,81
Spectrum 45	3	26,8	59,59

19. ábra. SEM pontmérések és kiemelt spektrumok eredményei (W%)
Rippl-Rónai József Rippl-Rónai Lajos képmása című festményéből vett kaparékmintán

A felvételen (19. ábra) jól elkülönülnek a különböző formájú és az elektronokat eltérően visszaszóró összetevők. A kiemelt pontok spektrumaiban az arányaiban legtöbb elem a magnézium, a kobalt és az arzén, amelyek együttes jelenléte igazolja az optikai mikroszkópos megállapítást, vagyis a magnézium-kobalt-arszénát használatát.

További vizsgálati lehetőségek

Az elvégzett vizsgálatokkal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy sem a röntgenflorezcens, sem az elektronmikroszkópos vizsgálatok nem alkalmasak a lítium vagy ammónium kimutatására –, ezért a kobaltviolák csoportján belül ezeknél a festményeknél az optikai mikroszkópos vizsgálatok kiemelten fontosak voltak. A kobalt-foszfátok esetében továbbá a hidratáltság fokát sem lehetséges ezekkel a technikákkal megvizsgálni, ehhez röntgen-diffrakcióra lenne szükség. Reméljük, hogy a jövőben lehetőségünk lesz ezeket a vizsgálatokat is elvégezni.

Összefoglalás

Az OMRRK-ban 2021 elején elindult festménydiagnosztikai vizsgálatok lehetőséget kínálnak arra, hogy jelentős magyar művészek anyaghasználatát tanulmányozzuk, mint például Vaszary János vagy Rippl-Rónai József. A kutatások elindulásával olyan mesterséges, szerves pigmenteket azonosítottunk, amelyeket eddig magyar alkotók munkáin nem határoztak meg: a kobaltviola, a kobalt-foszfát és a kobalt-arszénát változatai így „felkerültek a mi palettánkra is”.

A felvételeket készítették

1–3. ábra: Horváth Mátyás, 4. ábra: Horváth Mátyás, Varga Tímea, Karlik Máté, 5. ábra: May Zoltán, Németh Péter, 6–7. ábra: Horváth Mátyás, 8–11. ábra: Varga Tímea, 12. ábra: Varga Tímea, May Zoltán, 13–15. ábra: May Zoltán, 16–19. ábra: Karlik Máté.

IRODALOM

- ANSELM, C. – VAGNINI, M. – CARTECHINI, L. – GRAZIA, C. – VIVANI, R. – ROMANI, A. – ROSI, F. – SGAMELLOTTI, A. – MILIANI, C. (2017): Molecular and structural characterization of some violet phosphate pigments for their non-invasive identification in modern paintings. *Spectrochimica Acta*, Volume 173. 439–444. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.09.017> (2025. 01. 19.).
- BÁLIZS BEÁTA (2013): A lila színkategória a kupuszi-nai borszín és a kazári orgonaszín tükrében. In Farkas Judit – Keszeg Vilmos (szerk.): *Kolozsvártól Pécsig, a yaoitól a juhászatig: Néprajzi – kulturális antropológiai tanulmányok két doktori iskolából*. Budapest, L'Harmattan Kiadó, Pécsi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar Társadalmi Kapcsolatok Intézete Néprajz-Kulturális Antropológia Tanszék, 239–256.
- BERLIN, Brent – KAY, Paul (1994): *Basic Color Terms, Their Universality and Evolution*. Berkley and Los Angeles, California, University of California Press.
- BERKE, Heinz – WIEDEMANN, Hans-Georg (2000): The Chemistry and Fabrication of the Anthropogenic Pigments Chinese Blue and Purple in Ancient China. *East Asian Science, Technology, and Medicine*, no. 17, 94–119. JSTOR. <http://www.jstor.org/stable/43150591>. (2025. 01. 19.).
- BOUHEROUR, Soraya – BERKE, Heinz – WIEDEMANN, Hans-Georg (2001): Ancient Man-made Copper Silicate Pigments Studied by Raman Microscopy. *Chimia*, Vol. 55, no. 11, 942–951. <https://doi.org/10.2533/chimia.2001.942> (2025. 01. 19.).
- CARUSO, Francesco – MANTELLATO, Sara – STREETON, Noëlle L. W. – FRØYSAKER, Tine (2019): Unveiling Harriet Backer: ICP-OES study for the characterisation of the colour tubes from her original paint box. *Heritage Science*, January 2019 7(1):1–3, Springer, <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0244-8> (2025. 01. 19.).

- CASADIO, F. – BEZÚR, A. – FIEDLER, I. – MUIR, K. – TRAD, T. – MACCAGNOLA, S. (2012): Pablo Picasso to Jasper Johns: a Raman study of cobalt-based synthetic inorganic pigments. *Journal of Raman Spectroscopy*, Wiley Online Library, 1761–1771. <https://doi.org/10.1002/jrs.4081> (2025. 01. 19.).
- CORBEIL, Marie-Claude – CHARLAND, Jean-Pierre – MOFFATT, Elizabeth A. (2002): The Characterization of Cobalt Violet Pigments. *Studies in Conservation*, 47(4), 237–249. <https://doi.org/10.1179/sic.2002.47.4.237> (2025. 01. 20.).
- DEFEY, Cathrine – MAZUREK, Joy – ZEBALA, Aneeta – BURCHETT-LERE, Debra (2016): Insight into Sam Francis' painting techniques through the analytical study of twenty-eight artworks made between 1946 and 1992. *Applied Physics A*, (122) 991, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s00339-016-0485-x> (2025. 01. 19.).
- EASTAUGH, Nicholas – WALSH, Valentine – CHAPLIN, Tracey – SIDALL, Ruth (2004): *Pigment Compendium – A dictionary of historical pigments*. Oxford, Elsevier Butterworth-Heinemann.
- FITZHUGH, Elisabeth West – ZYCHERMAN, Lynda A. (1992): A purple barium copper silicate pigment from early China. *Studies in Conservation*, 37(3), 145–154. <https://doi.org/10.1179/sic.1992.37.3.145> (2025. 01. 19.).
- GERGELY MARIANN (2007): „Kelet és Nyugat”, Vaszary János művészete a húszas-harmincas években. In Veszprémi Nóra (szerk.): *Vaszary János (1867–1939) gyűjteményes kiállítása*. Kiállítási katalógus, Magyar Nemzeti Galéria, 2007. október 18. – 2008. február 10. Budapest, Magyar Nemzeti Galéria, 79–100.
- GETTENS, Rutherford J. – STOUT, George L. (2012): *Painting Materials: A Short Encyclopedia*. Dover Publications.
- KRISTON László – TÖRÖK Klára (1998): Neues zum Thema Fluorit. *Restaur*, 1998/5, 297.
- LA NASA, Jacopo – DOHERTY, Brenda – ROSI, Francesca et al. (2021): An integrated analytical study of crayons from the original art materials collection of the MUNCH museum in Oslo, Nature portfolio. *Scientific Reports* 11, 7152, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86031-6> (2025. 01. 20.).
- MAY Zoltán PhD – VARGA TÍMEA DLA (2022): *Diagnosztikai dokumentáció: A kisszebeni Szent Anna oltár, Szépművészeti Múzeum*.
- MÜHLETHALER, Bruno – THISSEN, Jean (1933): Smalt. In *Artists' Pigments – A Handbook of their History and Characteristics* 2, Roy, A. (Ed.), National Gallery of Art, Oxford, Washington and Oxford University Press, 113–130.
- RICHTER, Mark – HAHN, Oliver – FUCHS, Robert (2001): Purple Fluorite: A Little Known Artists' Pigment and Its Use in Late Gothic and Early Renaissance Painting in Northern Europe. *Studies in Conservation*, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.1179/sic.2001.46.1.1> (2025. 01. 19.).
- RIEDERER, Josef (1997): Egyptian Blue. In *Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics* 3, FitzHugh, Elisabeth West (Ed.), National Gallery of Art, Oxford, Washington and Oxford University Press, 23–45.
- ROGALA, Dawn V. (2014): Hans Hofmann's Last Lesson: A Study of the Artist's Materials in the Last Decade of His Career. *Issues in Contemporary Oil Painting: Postprints from the 41st Annual Meeting, Indianapolis, Indiana, May 29-June 1, 2013*, van den Berg, Klaas Jan et al. Eds., Cham, Switzerland, Springer, 127–148. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10100-2_8 (2025. 01. 19.).
- ROLDÁN, C. – FERRERO, J. – JUANES, D. – MURCIA, S. – RIPOLLÉS, V. (2011): Joaquin Sorolla's pigment characterisation of the paintings 'Vison of Spain' by means of EDXRF portable system. *X-Ray Spectrometry*, Wiley, 289–296. <https://doi.org/10.2533/chimia.2001.942> (2025. 01. 20.).
- ROSI, F. – GRAZIA, C. – FONTANA, R. et al. (2016): Disclosing Jackson Pollock's palette in Alchemy (1947) by non-invasive spectroscopies. *Heritage Science* 4, 18. <https://doi.org/10.1186/s40494-016-0089-y> (2025. 01. 19.).
- SPURRELL, F. C. J. (1895): Notes on Egyptian Colours. *Archaeological Journal* 52(1), 222–239. <https://doi.org/10.1080/00665983.1895.10852669> (2025. 01. 19.).
- VINCZE MÁRIA (2024): *Rippl-Rónai József „kukoricás” korszak béli festéstechnikájának vizsgálata restaurátori szempontból*. Szakdolgozat, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Budapest.

Varga Tímea DLA
 Restaurátorművész
 Szépművészeti Múzeum
 Országos Múzeumi Restaurálási és Raktározási Központ
 Diagnosztikai Osztály
 1135 Budapest, Szabolcs utca 33–35.
 Tel.: + 36 30 768 1590
 E-mail: timea.varga@szepmuveszeti.hu

Horváth Mátyás
 Restaurátorművész, osztályvezető
 Szépművészeti Múzeum
 Országos Múzeumi Restaurálási és Raktározási Központ
 Diagnosztikai Osztály
 1135 Budapest, Szabolcs utca 33–35.
 Tel.: +36-30-768-1613
 E-mail: matyas.horvath@szepmuveszeti.hu

Karlik Máté PhD

Okl. környezetkutató, tudományos munkatárs

HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

1112 Budapest, Budaörsi út 45.

és

Szépművészeti Múzeum

Országos Múzeumi Restaurálási és Raktározási Központ

Diagnosztikai Osztály

E-mail: mate.karlik@szepmuveszeti.hu

May Zoltán PhD

Okl. vegyész, tudományos főmunkatárs

HUN-REN TTK Természettudományi Kutatóközpont

1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

és

Szépművészeti Múzeum

Országos Múzeumi Restaurálási és Raktározási Központ

Diagnosztikai Osztály

E-mail: zoltan.may@szepmuveszeti.hu

Németh Péter PhD, DSc

Geológus, tudományos főmunkatárs

HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóköz-

pont

1112 Budapest, Budaörsi út 45.

E-mail: nemeth.peter@csfk.hun-ren.hu

