



## Braun Tibor

■ ELTE, Kémiai Intézet, MTA Könyvtár és Információs Központ | dr.braun.tibor@gmail.com

Művészi freskók a római Pompejiben

## Kémiai nyomozás a Vezúv kitörése előtt és után

## Előszó

A Vezúv vulkán tövében, Nápolyhoz közel, a dél-olaszországi Campania tartományban fekvő Pompeji a világ egyik legjelentősebb régészeti helyszíne. Ez az ősi római város közismert a Kr. u. 79-ben történt jelentékeny vulkánkitörés miatt, ami hosszú időre teljesen elpusztította, hamuba temette. A várost csak 1738-ban kezdték el kiásni. 1997-ben Pompeji rákerült az UNESCO világörökségi listájára [1] a hozzá közel fekvő Herculaneum és Torre Annunziata településekkel együtt. Úgy vélik, hogy „Pompeji, Herculaneum városok és az azokhoz csatlakozó épületek, villák, amelyeket a 79-es Vezúv-kitörés eltemetett, az akkori társadalom és a mindennapi élet teljes képét adhatják a kiásás után. Ennek nincs párja sehol a világon.” Manapság Pompeji a világ egyik leglátogatottabb régészeti helye. Például 2018-ban 3,5 millió turistát vonzott. [2] Ez a római Colosseum mögött Olaszország második régészeti látványossága. A Pompeji Régészeti Park adatai szerint 2015-ig az ősi város eredetileg 60 hektárnyi területéből 49-et már kiástak, illetve feltártak. [3]

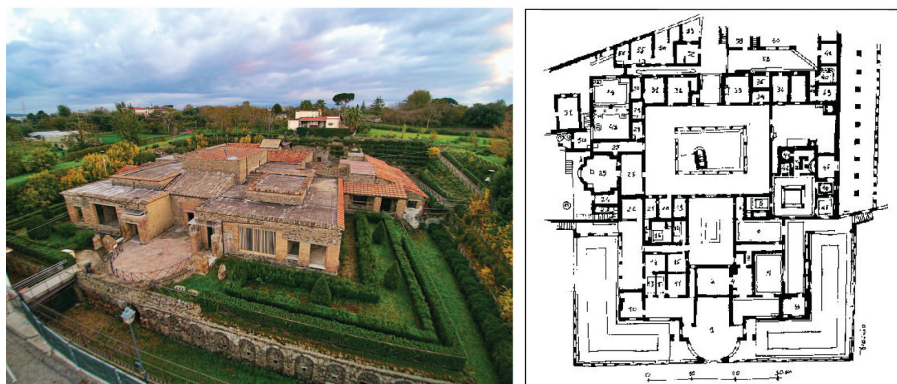
## Bevezetés

A vulkáni hamu és láva alatt Pompeji mindmáig titkokat rejteget. Remélhetőleg a jövő évtizedekben a régészeti emlékek (római épületek, lakóházak és villák, fal-festmények, szobrok, edények stb.) a felszínre kerülnek, és nemcsak a látogatókat, turistákat örvendeztetik majd meg, hanem különböző tudományterületek, például a kémia, geológia, régészeti, antropológia stb. kutatásainak tárgyai lesznek. Ebben az értelemben döntő fontosságú lesz olyan kémiai módszerek kidolgozása, amelyekkel eredményesen tanulmányozhatják azokat az eredeti anyagokat, amelyeket an-

nak idején a kiásott régészeti tárgyak létrehozására használtak fel és diagnosztizálni tudják azok változásait, károsodásait. Mindezek az információk különleges fon-

tosságúak lehetnek a megfelelő restaurálási és tartósítási stratégiákhoz, amelyek biztosítanak a régi római városból fennmaradott leletek, például a falfestmények

1. ábra. A Pompejiben kiásott *Villa dei Misteri* külseje, tervrajza és a szobáinak falára festett festmények





megmentését. A falfestmények képezik a legjelentékenyebb régészeti dísz tárgyakat, amelyek az ásásokból feltárva eddig napvilágot láttak.

Csodálatos falfestményeket tártak fel olyan épületekben, mint például a *Villa dei Misteri* (1. ábra). A szobáiban lévő, 2015-ben restaurált freskók az összes ősi festmény közül az ismertebbek és a legjobb állapotúak közé tartoznak.

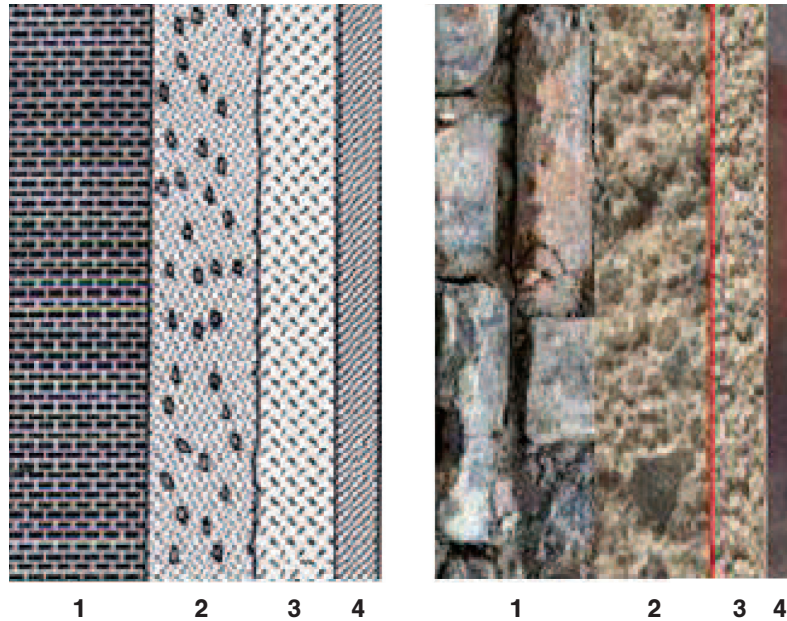
## Freskózás

A Pompejiben abban az időben alkotó művészek festményeiket különböző gipszvakolatokra vitték fel a falakra a pigmentek ráfestése előtt. *Vitruvius* [4] szerint összesen 6 gipszvakolatréteg felvitelét alkalmazták freskófestés előtt. Ez volt Pompejiben a leghasználatosabb festési technika.

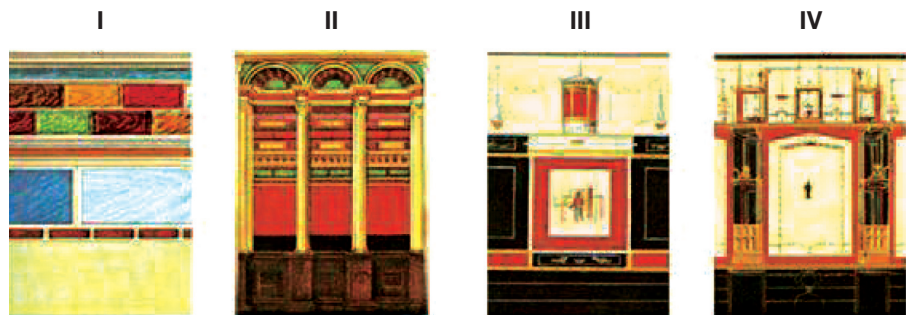
Az *arriccio* nevű első vakolatréteget (2. ábra, 2-es réteg) a téglaköfal felületére kenték (2. ábra, 1-es réteg), befedve a felület szabálytalanságait és lyukait. [4] Így 3 középfinom szemcsés *arriccio*réteg készülhetett. Ezek után a folyamatban felhasznált vörös *sinoper pigment* alapján *sinopia* néven ismert kompozíció következett (2. ábra, jobb oldal). Amikor az teljesen megszáradt, az *intonaco* (2. ábra, 3-as réteg) került fel (ezen a rétegen alkották meg a festményt), oltott mészből és tiszta, finomszemcsés folyami homokból vagy márványporból, ami után következett a festmény művészi festése. Erre kentek még egy vékonyabb *intonachino* nevű réteget, ami a malternél valamivel több meszet tartalmazott. A maltert több, növekvő vastagságú rétegben vitték fel. A gipszvakolatok csak rövid időre (6–8 óráig) tartották meg a nedvességüket, őrizve optimális jellemzőiket. Ezt az időt „arany óráknak” nevezték. A vakolat utolsó rétegét, az *intonacót* (és ha jelen volt, az *intonachinót*) relatíve kis felületekre hordták fel a festmény összetételétől függően. Ezért a gipszvakolat csak a fal ama területére került, aminek a festése még aznap történt. A mész (telített kalcium-hidroxid) és a légkör szén-dioxid-tartalma közötti reakcióból képződött kalcium-karbonát biztosította az alkalmazott pigment szemcsék megkötését a felületen (2. ábra, 4-es réteg).

## Osztályozás és stílusok

A pompeji falfestmények osztályozása a különböző időszakok jellegzetes festési dekorációs stílusai szerint történt. *August Mau* német régész négy különböző festési



2. ábra. Pompeji freskórétegek: 1. téglaköfal, 2. *arriccio*, 3. *intonaco*, 4. festési réteg



3. ábra. Példák pompeji festési stílusokra (Első–Negyedik stílus) [7]

stílust különböztetett meg: Első, Második, Harmadik és Negyedik stílust. [5] Ezek nem csak Pompeji városára jellemzőek, és mivel a római időszakhoz tartoztak, *római festési stílusok* néven ismertek. A Vezúv által betemetett Pompejinnél és a szomszédos városoknál tekintetbe veszik a megfelelő periódusra jellemző ismérveket. Az Első stílus a köztársasági időszakban volt népszerű (ami Kr. e. 27-ben fejeződött be), és a görög művészeti fejlődésből nőtt ki, miközben a Harmadik és Negyedik stílus a császári időszakban lett divatos (Kr. e. 20 – Kr. u. 79) Pompejiben és Herculaneumban. Részletesebben szólva az Első, vagy strukturálisnak is nevezett stílust Kr. e. 200-tól körülbelül Kr. e. 49-ig használták. Fő jellemzője a márvány utánzása, valamint más utánzott elemek, mint alabástromlapok és sárga fa kereszttrudak a vízszintes szinteken, valamint fehér pillérek és párkányok alkalmazása. A festmények alapszínei élénkek voltak, mert ez a gazdagságot jelentette (3. ábra).

A Második, építészetinek is nevezett

stílus a Kr. e. I. századot uralta és az Első stílusból fejlesztették, magába foglalva annak egyes elemeit, mint például a hamis márványtömböket a falak alapja mentén. Ezáltal a nézőkkel azt igyekeztek elhitetni, hogy ők valamilyen ablakon tekintenek be. A Harmadik vagy díszítőnek is nevezett stílus körülbelül a Kr. e. I. évszázad elején jött létre, és körülbelül Kr. e. 20–10-től egészen Kr. u. 50-ig tartott. Ez a stílus a falak felületét széles, egyszínű (monokromatikus) apró, tekervényes részletekkel megszakított fekete vagy mélyvörös színlapokkal látta el. A Harmadik stílus még szintén építészeti volt, de ahelyett, hogy igyekeztek volna a nézőknek építészeti elemeket bemutatni, azokat inkább stilizált oszlopokként és oromzatokként láttatták (3. ábra). Végül a „bonyolultnak” is nevezett Negyedik stílus, ami a Kr. u. 50-es években jött létre, kusza és fantasztikus megjelenésével a pompeji díszítés utolsó korszakát képezte. Ezt legjobban az előző három stílus kombinációjaként lehet jellemezni. Ellenben ez a stílus sokkal na-



4. ábra. Kiásott pigmentek eredeti edényekben

gyobb központi lapokat is használt, mint a Harmadik stílus, és annál tágabb témákkal, például mitológiai, tájjellegű és mindennapi életből elcsúszott témákkal foglalkozott.

### Pigmentek és változataik

Több tanulmány készült a pompeji művészek által alkotott gyönyörű falfestményeknél használt pigmentpalettákról. [6] Kizárólag eredeti pigmentporokat nyertek ki az ásások során Pompeji régészeti helyeiről. Ezeket a pigmenteket eredeti edényekben (zömükben kerámiatálakban) ásták ki és a Nápolyi Nemzeti Régészeti Múzeumban, valamint a Pompeji Alkalmazott Kutatási Laboratóriumban helyezték el (4. ábra). Ezekben az intézményekben gyakorlatilag egy-egy zöld, vörös és fehér pigment látható két sárga és különböző kék pigmentekkel együtt. Ezeket a kiásás helyszínén elemezték hordozható műszerekkel. A részletesebb laboratóriumi vizsgálatokban a vörös és sárga (okker) pigmenteket asztali műszerekkel is elemezték. Végül négy különböző rózsaszín pigmentet is a helyszínen vizsgáltak. A fentebb említett pigmentek mellett a Pompeji Alkalmazott Kutatólaboratóriumban még másik két rózsaszín és négy kék pigmentet vizsgáltak. A pompeji rózsaszín kevert pigmentekben lévő szerves színezékek (alizarin 97%, purpurin 90%) azonosítására összehasonlítási mintákat is alkalmaztak.

### Pigmentszínek

A leghozzáférhetőbb és legolcsóbb pigmenteket a sokszínű helyi, vasban dús agyagok képezték, amelyek színe a sárga, a vörös és a barna között váltakozott. Az ezekből az anyagokból származó okker pigmentek a régebbi történelemben is már ismertek voltak, lévén a hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) és goethit ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) a sárga okker fő komponensei. [8–10] Másrészt annak érdekében, hogy olyan színkálát tudjanak előállítani, amit ezek a színek nem tettek lehetővé, más színű ásványokat is porrá őröltek és belekeverték a meglévő pigmentekbe. Példák ezekre az ásványi pigmentekre: a zöld malachit ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ), a vörös cinóber ( $\alpha\text{-HgS}$ ), a kalcit ( $\text{CaCO}_3$ ) vagy a dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ). A két utóbbit fehér festékként alkalmazták. Ezeket a pig-

menteket Pompejiben is kimutatták. [8] A pigment-előállítás másik útja a kémiai reakció volt, mint például az egyiptomi kék ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ) esetében. Ez utóbbit már Vitruvius is leírta a Kr. e. I. században; rézvegyületek, homok, valamint szóda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) vagy növényi hamu keverékéből állt. [11] Végül a színezékek előállításának utolsó módja valamivel bonyolultabb eljárást igényelt, például szerves és szervetlen vegyületek keverését, ami az úgynevezett festéklakkokhoz vezetett. A festéklakk szerves színezék, amely a szerves festék valamilyen oldhatatlan szervetlen szubsztrátumra való lecsapásával készül. A római időkben a szerves festék általában növényekből vagy puhatestűekből származott, és az extrahált színezéket általában agyagokkal is keverték. Példa a Pompejiben használt festéklakkra a rózsaszín (pink madder lake), amelynek színezékét a *Rubia* növény gyökereiből vagy a föníciai bíbor, amelynek anyagát a tengeri *Murex brandaris* tengeri csigából vonták ki. Ez utóbbi esetben az előállított festéklakkot *purpurissimum*-nak nevezték. [12]

### Analitikai eljárások

Az analitikai kémiai eljárások miniatürizálása lehetővé tette kisméretű, hordozható műszerek, például spektrométerek előállítását, illetve használatát. Ezek a műszerek nélkülözhetetlenné váltak a pompeji feltárások helyszínén is. Értjük itt például a helyben (terepen) alkalmazott UV-spektroszkópiát. Meg kell említeni, hogy a hordozható műszerek mellett a laboratóriumi analitikai műszerek is nagy szerepet kaptak. Példaként a Raman-spektrometriát, a röntgenspektrometriát, a lézerspektrometriát és a Raman-indukált fluoreszcenciát említjük. [22] Hozzá kell tennünk, hogy az említett hordozható műszerek, valamint a nem invazív analitikai eljárások mellett úgynevezett destruktív analitikai módsze-

5. ábra. Feltárt freskók károsodása 1904 és 2015 között





reket, például gáz- és folyadékromatográfiát is alkalmaztak Pompejiből származó minták esetében. Helyhiány miatt ezeket itt nem részletezzük, de adatok találhatóak a feltüntetett hivatkozásban.

## A festmények károsodása

Annak érdekében, hogy az említett vegyületek pigmentként való használatát kiderítsék, fizikai, kémiai analitikai eljárásokat használtak. Ezek az analízisek nemcsak a vegyületek eredeti elemi és molekuláris összetételének meghatározását tették lehetővé, de azt is, hogy a pigmentek elszennvedtek-e valamilyen bomlási vagy átalakulási jelenséget az idők folyamán (5. ábra). Ilyen értelemben mindmáig számos károsodást vizsgáltak és azonosítottak Pompejiben. Több dolgozatban [13–14] például a vörös okker pigmentek feketedését is vizsgálták. Kiderítették, hogy a levegő  $\text{SO}_2$ -tartalma volt a felelős a vörös okker ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) fekete magnetittá ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) válásáért gipsz ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) képződése közben.

Egy másik feketedési folyamatot, a cinóber ( $\alpha\text{-HgS}$ ) vörös pigmentjének feketedését is azonosították Pompejiben. [15] Ezt a színváltozást a szerzők az  $\alpha\text{-HgS}$  fény által előidézett fekete  $\text{Hg}^0$ -vá változásának tulajdonították, viszont fémhiganyt csak szintetikus cinóber esetében határoztak meg. [16] Más szerzők azt állítják, hogy metacinóber képződött annak ellenére, hogy ezt a vegyületet ott soha nem észlelték, ellenben bomlási termékeket, például kordeoidot ( $\text{Hg}_3\text{S}_2\text{Cl}_2$ ), kalomelt ( $\text{HgCl}$ ), terlin-

gualitot ( $\text{Hg}_2\text{ClO}$ ) és gipszet ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) szintén meghatározták a megfeketedett felületeken. [16] Bizonyos szerzők állítják, hogy az UV-sugárzás által előidézett cinóber fotobomlását klórnak is lehet tulajdonítani. [17] Meg kell említeni, hogy eddig nem definiálták azt a minimális klórkoncentrációt, ami a fenti folyamatot létrehozza, valamint nem mutatták ki ennek a halogénnek az eredetét a pompeji falfestékekben. Az említett feketedésektől függetlenül a leginkább említésre érdemes színváltozás a pompeji falfestményekben a sárga okker vörösödése. Ez a változás nagy érdeklődést váltott ki, miután nemzetközi hírekben [18] és szakfolyóiratban publikálták. [19] Annak ellenére, hogy mindmáig nincs gyakorlati bizonyíték a Pompejiben és Herculaneumban megfigyelt, említett vörösödési mechanizmus meglétére, feltételezik, hogy akkor történt, amikor a Vezúv által magas hőmérsékleten kibocsátott piroklasztikus hullámok elérték a falfestmények sárga okker felületeit és dehidrációs reakciót hoztak létre a sárga okker vörösre (hematit) változtatásával. A szakirodalom szerint a goethit dehidrációs hőmérséklete körülbelül  $250\text{ }^\circ\text{C}$  [20–21], pontosabban ez a hőmérséklet a Kr. u. 79-es kitörés során alakult ki.

## Utószó

Az írás bevezetésében említettük, hogy a hamuval takart Pompeji az eddigi nagyon érdekes ásatások mellett még számos fel-tárandó titkot rejteget. A régészeti feltárá-sok ma is folynak, és ezeken több más or-

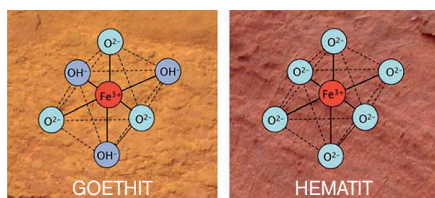
szágbeli kutatócsoport is dolgozik. Nagy-vonalakban ez a munka egyrészt az ása-tásra, másrészt a leletek vizsgálatára, res-taurálására és karbantartására osztható. Ezek fokozódása láttán biztosak vagyunk, hogy a turisták, látogatók száma is növe-kedni fog.

## IRODALOM

- [1] <http://whc.unesco.org/en/list/829/>
- [2] <http://pompeisites.org/en/archeological-park-of-pompeii/visitor-data/>
- [3] <http://pompeisites.org/wp-content/uploads/A-Guide-to-the-Pompeii-Excavations-2.pdf>
- [4] Vitruvius, Ten books on architecture, Cambridge University Press, 1999.
- [5] A.Mau, Pompeii, its life and art, Vol.1. Library of Alexandria, 2007.
- [6] S. La Boda, International dictionary of historic places Southern Europe, Taylor & Francis, London, 1994.
- [7] [http://www.pompeiin.com/en/Painting\\_styles.html](http://www.pompeiin.com/en/Painting_styles.html)
- [8] I. Aliatis, D. Bersani, E. Campani, et al., Pigments used in Roman wall paintings in the Vesuvian area, J. Raman Spectrosc. (2010) 41, 1537.
- [9] G. Cottica, Proceedings of the EMAC 07 Conference, 9th European meeting on ancient ceramics, Budapest, Hungary, 2007.
- [10] G. Giacchi, Mater. Manosc. Process. (2009) 24, 1015.
- [10] G. A. Mazzocchin, J. Cult. Herit. (2004) 5, 129.
- [12] M. Clarke, Proceedings of Art' 05–08th International Conference on „Non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of the cultural and environmental heritage”, Lecce, Italy, 2005.
- [13] M. Maguregui, Anal. Chem. (2011) 83, 3319.
- [14] M. Maguregui, Anal. Metac. (2014) 6, 372.
- [15] M. Cotte, Anal. Chem. (2006) 78, 7484.
- [16] K. Keune, Anal. Chem. (2005) 77, 4742.
- [17] M. Rade, J. Anal. Att. Spectr. (2015) 30, 599.
- [18] <https://www.theguardian.com/science/2011/sep/22/pompeii-red-yellow>
- [19] I. Angelini, J. Cult. Herit. 2019, 1016.
- [20] D. L. A. de Faria, Vib. Spectrosc. (2007) 45, 117.
- [21] P. S. R. Prasad, J. Asian Earth Sci. (2006) 27, 503.
- [22] P. Larkin, Infrared and Raman Spectroscopy. Principles and Spectral Interpretation, Elsevier, 2017.

## Sokféle okker

A sárga változat a goethit ( $\text{FeOOH}$ ), a vörös a hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Közös bennük, hogy kristályaik oktaédereinek középpontjában ferriion ( $\text{Fe}^{3+}$ ) van, de a kettő ionos környezete különböző. Ez okozza a két vegyület eltérő színét.



A vázlat érzékelteti, hogy a goethitben és a hematitban különbözik a  $\text{Fe}^{3+}$ -ion környezete [1]



Egy lascaux-i barlangrajz másolata (ma már csak a barlang rekonstruált változatai látogathatók; fotó: Jack Versloot, CC BY-SA 2.0)

Hevítés hatására a goethit vizet veszít, és hematittá alakul át. A hevítés hőmérséklete erősen befolyásolja a színt.

Az okker különböző árnyalatai a barlangrajzokon is megjelenhetnek.

## IRODALOM

- [1] Bernard Valeur, La chimie crée sa couleur... sur la palette du peintre, in La chimie et Part, EDP Sciences, 2010.