

Magyar Képzőművészeti Egyetem
Doktori Iskola

Lézeres tisztítás alkalmazása a restaurátori gyakorlatban

DLA mestermunka

Kisapáti Ivett

2015

Témavezetők:

Dr. habil, DLA Menráth Péter
Magyar Képzőművészeti Egyetem

Dr. habil, PhD Márton Zsuzsanna
Pécsi Tudományegyetem

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
1 Római kori falkép töredékek lézeres tisztítása.....	4
1.1 A falkép töredékek leírása	4
1.2 Vizsgálatok	7
1.3 Kísérleti eszközök és módszerek.....	7
1.4 Tisztítási eredmények	8
2 A Fóti Károlyi István szobor tisztítása.....	13
2.1 A szobor leírása	13
2.2 Állapotfelmérés	15
2.3 Anyagvizsgálatok	19
2.4 Tisztítópróbák.....	20
2.5 A restaurálás menete.....	21
2.5.1 Szemcseszórás.....	23
2.5.2 Festékeltávolítás acetonos pakolással	23
2.5.3 Lézeres festékeltávolítás	24
2.5.4 Festék maradványok eltávolítása graffiti árnyékeltávolítóval	26
2.5.5 Antigraffiti réteg felhordása	27
3 A tapasztalatok összegzése.....	33

Bevezetés

A doktori értekezésemhez tartozó mestermunka során a lézer, mint restaurátori tisztítóeszköz gyakorlati alkalmazhatóságát vizsgálom. Elsőként római kori falkép töredékek tisztítására vállalkozom, majd egy festéktámadáson átesett, teljesen új szobor nyeri vissza eredeti megjelenését. A két munkát több szempontból is szembeállíthatjuk egymással, úgymint a koruk, anyaguk, méretük, az eltávolítandó szennyeződés összetétele, így széles körben gyűjthettem tapasztalatokat.

Korukat tekintve több évszázad választja el őket, így teljesen más probléma vetődik fel rajtuk. Míg a falkép töredékeknél figyelembe kell vennünk a földben töltött több száz évet és az azóta történt beavatkozások hatásait, addig a márványszobornak azt a frissességét kell visszaadni, ami az újonnan faragott kőanyagot jellemzi. A méretbeli különbség meghatározza a lézer használatának módját is. Míg a falkép töredékek esetében az eredeti festékréteg megőrzésére törekszem, addig a szobor esetében pont olyan beállításokat kell találnom, amivel a festéktámadás okozta vastag, színes réteget a leghatékonyabban tudom eltávolítani.

1 Római kori falképtöredékek lézeres tisztítása

1.1 A falképtöredékek leírása

Mestermunkám részeként a pécsi Régészeti Múzeum tulajdonában lévő római kori falkép töredékeket tisztítottam lézerral (1-6 kép). A töredékek a pécsi Sopianae-téri ásatásból kerültek ki két ütemben, 1992-ben és 2002-ben, azóta pedig raktárban tárolták őket. A nagyobb, összefüggő darabokat géz és Plextol B 500¹ akril alapú kötőanyag segítségével emelték ki, így sikerült egyben tartani az összetartozó töredékeket. A felvételhez használt ragasztóanyag több helyen a falképtöredékek felületén is megjelent.

A falkép maradványon rozetta motívum rajzolódik ki.



1. kép: Átvételi állapot, Sopianae téri ásatás, 2. doboz, középső tálca

¹ termoplasztikus akrilpolimer vizes diszperziója metil-metakrilát és etilakrilát bázison.



2. kép: Átvételi állapot, Sopianae téri ásítás, 2. doboz, középső tálca, közeli felvétel



3. kép: Átvételi állapot, Sopianae téri ásítás, 2. doboz, középső tálca, közeli felvétel



4. kép: Átvételi állapot, Sopianae téri ásatás, 4. doboz, alsó tálca



5. kép: Átvételi állapot, Sopianae téri ásatás, 4. doboz, alsó tálca, közeli felvétel



6. kép: Átvételi állapot, Sopianae téri ásás, 4. doboz, alsó tálca, közeli felvétel

1.2 Vizsgálatok

Szemrevételezés alapján is jól látszott, hogy a töredékek felületét változó vastagságú, kemény szennyeződésréteg fedte, ami a röntgen diffrakciós (XRD) vizsgálatok alapján változó összetételű, nagyrészt kalcitból és kvarcból állt².

A festékrétegben a következő pigmentek találhatók a polarizációs mikroszkópos és Raman spektroszkópiás vizsgálatok alapján³: természetes vas-oxid vörös, természetes vas-oxid sárga, zöldföld, egyiptomi kék, szénfekete, mészfehér.

Mivel a lézeres tisztítás kellőképpen kíméletes, és a falkép töredékek a tisztítás után nem kerülnek összeépítésre, kiállításra, így azok szilárdítása nem volt szükséges, megtartásuk kielégítőnek mondható.

1.3 Kísérleti eszközök és módszerek

Korábbi eredményeinkre támaszkodva a tisztításhoz a Lambda Physik LPX 210 KrF excimer lézert ($\lambda = 248$ nm, 30 ns) valamint a Quanta System ThunderArt, Nd:YAG, Q-kapcsolt lézert ($\lambda = 1064$ nm, ≤ 8 ns) használtam. A lézerfejet rögzítettem, a

² Jáger Viktor (PTE Földrajzi Intézet) XRD vizsgálatai alapján

³ A polarizációs mikroszkópos vizsgálatokat Galambos Éva segítségével a Magyar Képzőművészeti Egyetemen végeztem, a Raman vizsgálatokat a Pécsi Tudományegyetemen dr Márton Zsuzsanna végezte

mintadarabokat pedig egy, az asztalra rögzített x-y irányú eltolón helyeztem el. A mintadarabot a lézernyaláb alatt manuálisan mozgatva végeztem a tisztítást, valamint a folyamatot egy optikai mikroszkópon keresztül figyeltem meg. Az ismétlési frekvenciát alacsonyan tartva (1-3 Hz) a tisztítás szemmel is követhetővé vált. A desztillált vizes nedvesítés általában növeli a lézeres tisztítás hatékonyságát, de, ahogy arra a doktori értekezésem 1.3 fejezetében is kitértem, többször megfigyelték, hogy a nedvesítés és Nd:YAG lézer 1064 nm hullámhossz együttes alkalmazásakor a felület színe sárgássá válhat.

1.4 Tisztítási eredmények

A lézeres tisztítás előtt az összetartozó töredékek hátoldaláról a Plextollal rögzített gézt acetonos duzzasztás után eltávolítottam (7-8. kép). Így lehetőség nyílt a falkép töredékek darabonkénti lézeres tisztítására.



7. kép: a töredékeket hátoldalukról összefogó gézlap



8. kép: a Plextollal rögzített géz acetonos duzzasztása és eltávolítása

A helyes lézerparaméterek kiválasztását tisztítópróbák előzték meg. Ezek során a töredékeken előforduló pigmentek reakcióját figyeltem meg, valamint a felületen található szennyeződéstípusok eltávolíthatóságát vizsgáltam.

Az egyiptomi kék és mészfehér festékrétegek - ahogy azt már korábban is tapasztaltam - ebben az esetben sem mutattak elváltozást a KrF (248 nm) és a Nd:YAG (1064nm) lézerek alkalmazásakor. A tisztítás hatékonyságának növelése érdekében a felületet desztillált vízzel nedvesítettem, de mivel a felület elszíneződött, sárgás árnyalatúvá vált, a továbbiakban ezt nem alkalmaztam. A leghatékonyabbnak a Nd:YAG lézer 1064 nm hullámhosszával (138 mJ/cm^2 , 2 Hz), nedvesítés nélkül végrehajtott tisztítása bizonyult (9-15. kép). Ezekkel a paraméterekkel sikerült eltávolítani a felületen lévő különböző típusú szennyeződéseket, úgy hogy a festékréteg

színe nem változott, valamint a felület nem sérült, a plasztikussága is megmaradt (pl.: ecset- vagy szerszám nyomok).



9. kép: A 4/10 falképtöredék lézeres tisztítás előtt



9. kép: A 4/10 falképtöredék lézeres tisztítás közben. A szaggatott vonal alatt a lézerral tisztított terület, fölötte a szennyezett állapot látható



10. kép: A 4/12 falképtöredék lézeres tisztítás közben



11. kép: 4/13 falképtöredék lézeres tisztítás előtt



12. kép: 4/13 falképtöredék lézeres tisztítás közben

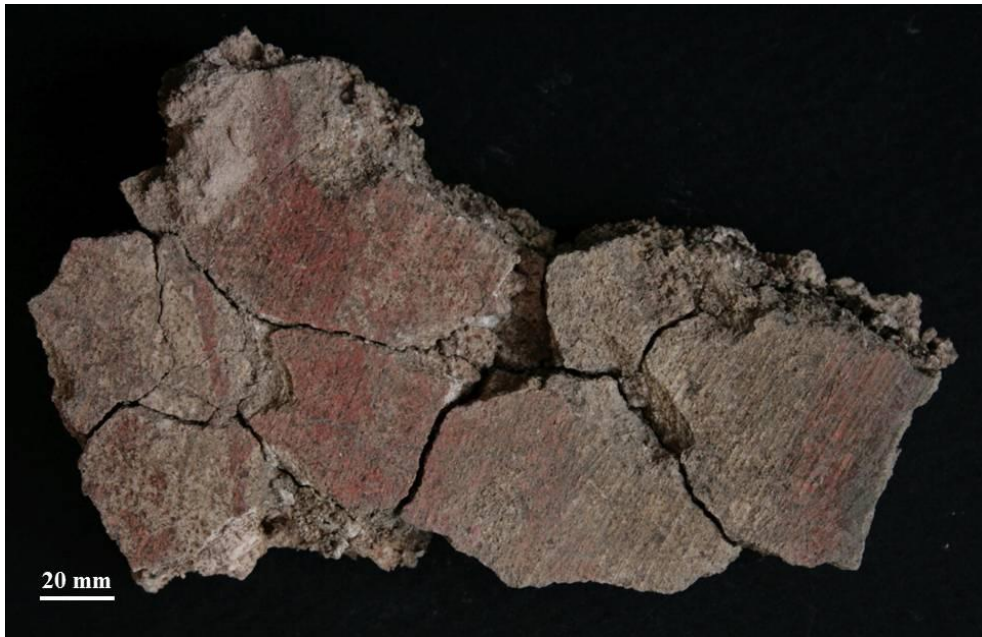


13. kép: 4/13 falképtöredék félbetisztítva



14. kép: 4/13 falképtöredék lézeres tisztítás után

Az okkersárga festékréteg nem mutatott színváltozást a Nd:YAG lézer nedvesítés nélküli használatakor (1064 nm, 138 mJ/cm², 1 Hz). Ellenben az vörösokker esetében azt tapasztaltam, hogy a festékréteg megsötétedett az IR (1064 nm) lézeres tisztítás következtében, így itt az UV lézer (248 nm) alkalmazása vált célszerűvé (16-17. kép). A különböző vastagságú szennyeződéskéreg eltávolítására kétféle módszert alkalmaztam: a vékonyabb rétegeknél (<~500µm) nagyobb foltméretet (2,4 x 0,7 mm²) használva pásztáztam a felületet. A vastagabb rétegek (~0,5 - ~1mm) eltávolításakor pedig az UV lézernyalábot a szennyeződésre fókuszáltam, és így 1-2 impulzus elegendőnek bizonyult a tisztításhoz.



15. kép: 4/14 falképtörredék lézeres tisztítás előtt



16. kép: 4/14 falképtörredék lézeres tisztítás után

Egyes töredékek esetében megfigyelhető, hogy a kiemeléskor használt Plextol a festékréteg felületén is megjelent. eltávolításához a felszínt desztillált vízzel nedvesíttem és Nd:YAG lézert alkalmaztam (1064 nm , 138 mJ/cm^2 , 2 Hz), amely a Plextollal együtt a felületen lévő szennyeződésképzőréteget is eltávolította (18-19. kép).



17. kép: A 2/7 falképtörredék Plextol réteggel a felületén



18. kép: Plextol réteg lézeres eltávolítása a 2/7 falképtörredék felületéről, optikai mikroszkópon keresztül

2 A fóti Károlyi István szobor tisztítása

2.1 A szobor leírása

Az Orbán Előd által készített fóti gróf Károlyi István életnagyságú, carrarai márványból faragott szobrot 2014-ben avatták (20. kép). A szobrot átadása után egy nappal, 2014. augusztus 21.-én éjszaka súlyos támadás érte, az elkövető nagy mennyiségű festékkel, hátulról öntötte le (21-24. kép). A vörös, fekete és sárga színű festék (szemrevételezés alapján zománccfesték) egymással összekeveredve a szobor első felét is jelentős mértékben károsította.

A támadást követően a helyiek megpróbálták a szobor egyes területeit különböző mechanikus (kefélés, dörzsölés) és vegyszeres módszerekkel letisztítani, ami során sajnos további területeket szennyeztek be.



19. kép: A szobor az átadása után, 2014. augusztus 20.



20. kép: A szobor a támadást követően előlről, 2014. augusztus 30.



21. kép: A szobor a támadást követően hátulról, 2014. augusztus 30.



22. kép: A szobor a támadást követően előlről, 2014. augusztus 30.



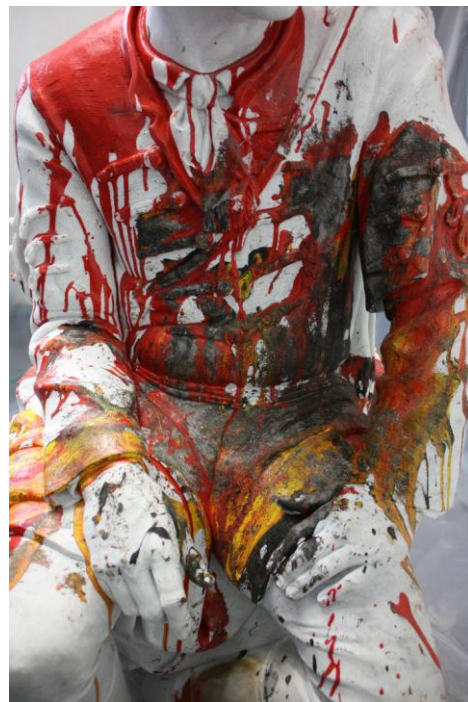
23. kép: A szobor a támadást követően hátulról, 2014. augusztus 30.

2.2 Állapotfelmérés

Szemrevételezés alapján a festéktámadás a szobor felületének kb. 70%-át érinti, de plasztikai hiányt nem okozott rajta. A felhasznált festék nagyobb része vörös (kb. 60%), valamint kisebb arányban fekete (kb. 30%) és sárga (kb. 10%). A színek többségében tisztán jelennek meg, de előfordul, hogy összekeveredve narancssárgás, barnás színt adnak. A háton vastag, nagyobb területen összefüggő vörös festékréteg alakult ki (25. kép), viszont az első részre (26. kép) és a szobor jobb oldalán lévő drapériára csapódó, lefolyó festék jellemzően összekeveredett (27-29.kép).



24. kép: A háton kialakult összefüggő vörös festékréteg



25. kép: a szobor elejére csapódott festék



26. kép: Összekeveredett festék a drapérián



27. kép: Összekeveredett festék a drapérián



28. kép: Összekeveredett festék a drapérián

A festékréteg vastagsága változó, egyes helyeken eléri az 1-3 mm-es vastagságot is. A lefolyások végén összegyűlő festékcseppek (30. kép), valamint a mélyedésekben megálló festék vastagsága akár az 5-10 mm-t is elérte. Egyes helyeken előfordult, hogy a felgyülemlett festéknek csak a felszíne kötött meg, és a belseje még hónapokkal a támadás után is puha maradt (31. kép).



29. kép: lefolyások végén összegyűlő festékcseppek



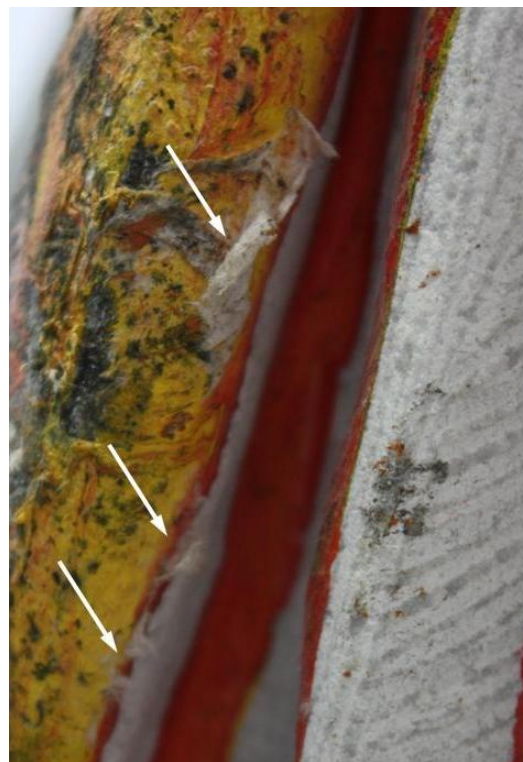
30. kép: A felgyülemlett festékréteg a felszín alatt még puha

Elmondások alapján, amikor a helyiek felfedezték a rongálást a festékréteg még nem kötött meg teljesen és papírtörővel próbálták leitatni a felületről. Ezeken a helyeken a papírtörő maradványai a festékbe ragadtak (32-33. kép).

A szobron jól látható annak a nyoma is, amikor a helyiek megpróbálták a szobor egyes területeit különböző mechanikus (kefélés, dörzsölés) és vegyszeres (valószínűleg Kromofág) módszerekkel letisztítani. A próbálkozások hatására a feloldott festék még nagyobb területen „szétfutott”, a pórusokba is bejutva, olyan területeket is szennyezve, amelyeket eredetileg nem ért a támadás (34-36. kép). Így a helyiek, jó szándéktól vezérelve, további károkat okoztak.



31. kép: Papírtörő maradványok a drapérián



32. kép: Papírtörő maradványok a drapérián



33. kép: A helyiek tisztítási próbálkozásainak nyomai a szobor csizmáján



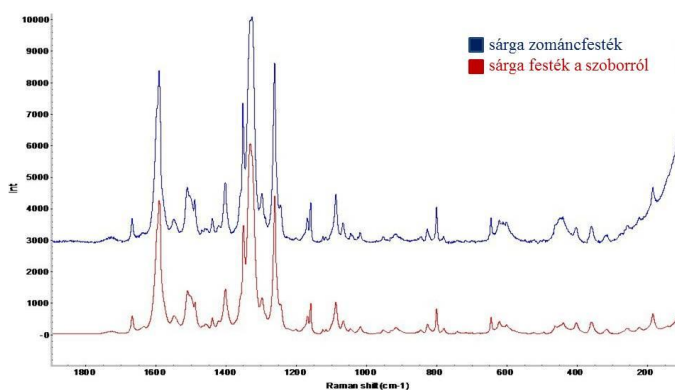
34. kép: A helyiek tisztítási próbálkozásainak nyomai



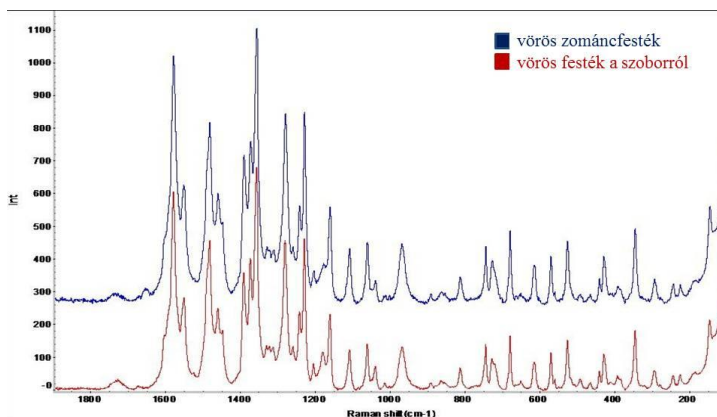
35. kép: A próbálkozások hatására szétfutott festék a szobor alsó részén

2.3 Anyagvizsgálatok

A szoborról származó festékminták mikro-Raman spektroszkópiás vizsgálatát a Pécsi Tudományegyetemen végeztük. A rongáláshoz használt festékek Raman spektrumát összehasonlítottuk azonos színű, kereskedelmi forgalomban kapható zománcfestékek spektrumával⁴. A spektrumokat összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a szobron talált sárga és vörös festékek spektruma gyakorlatilag teljes egyezést mutat a nekik megfelelő, kereskedelmi forgalomban kapható zománcfesték spektrumával (37-38. kép), míg sem a szoborról származó, sem a vásárolt fekete festékről nem kaptunk Raman spektrumot.



36. kép: A rongáláshoz használt és a kereskedelemben kapható sárga festékek Raman spektrumai



37. kép: A rongáláshoz használt és a kereskedelemben kapható sárga festékek Raman spektrumai

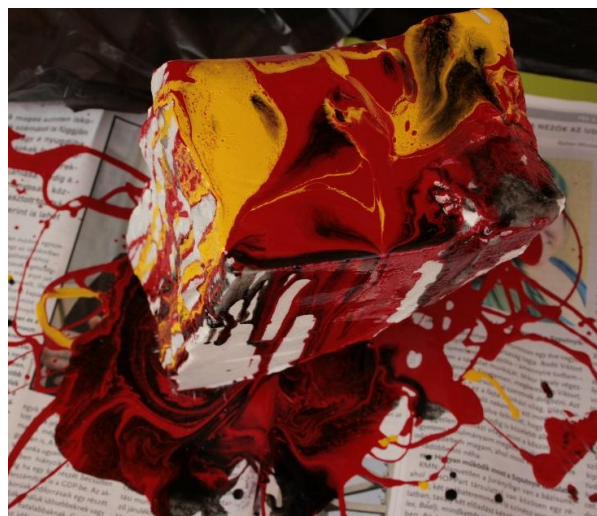
⁴ A vizsgálatokat dr. Márton Zsuzsanna végezte. vörös: Trinát magasfényű zománcfesték, 820 piros, sárga: Tesco Zománcfesték, sárga, fekete: Tesco zománcfesték, fekete

2.4 Tisztítópróbák

A restaurálás lépéseinek megtervezéséhez előzetes tisztítópróbákat végeztem. Ezekhez a szobrászművésztől kapott eredeti, a szobor készítése során lefaragott carrarai márvány kőanyagot használtam fel. Kérésemre a szobrász a mintadarabokat úgy alakította ki, hogy a szobron jellemző vésőnyomok, fogasolt, spiccelt, csiszolt felületek szerepeljenek rajtuk (39. kép). Ezt követően a szobrot ért támadásnak megfelelően a mintadarabokat vörös, fekete, sárga zománctfestékekkel öntöttem le (40. kép).



38. kép: A tisztítópróba-hoz felhasznált eredeti márvány darab

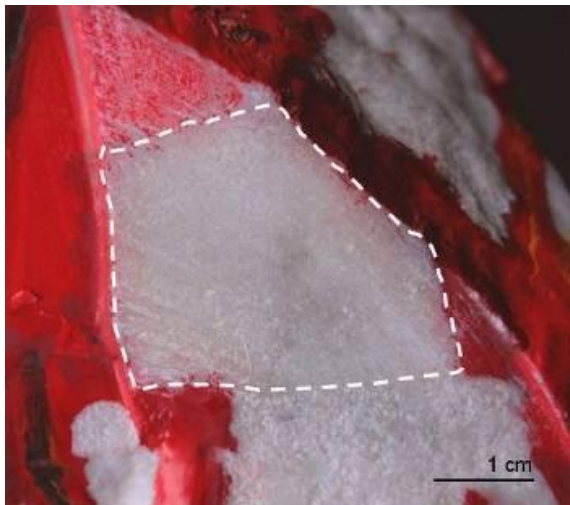


39. kép: A festékekkel leöntött próbadarab

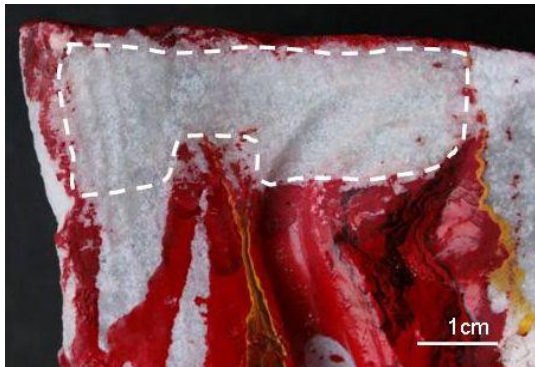
A tisztítópróbák eredményei jól mutatták, hogy a különböző eljárások kombinálásával érhető el a legmegfelelőbb eredmény. Ezekben az esetekben a vastag zománctfestékréteget szemcseszórással (nemes korund 44 - 74 μ , 8 bar; 44. kép) illetve szikével vékonyítottam (42-43. kép). Az elvékonyított festékréteget a Quanta System ThunderArt Q-kapcsolt lézerével ($\lambda = 1064$ nm és 532 nm, ≤ 8 ns; 41. kép) távolítottam el. Az alkoholos nedvesítés segítette a folyamatot.



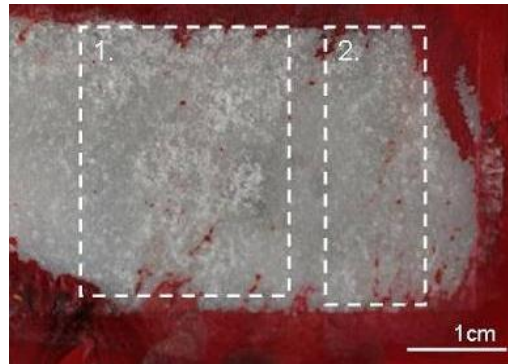
40. kép: Quanta System ThunderArt Q-kapcsolt lézer, impulzushossz: ≤ 8 ns, $\lambda = 1064$ nm, 532 nm, 266 nm



41. kép: A szikés elvékonyítás után a jelölt területet lézerrel tisztítottuk



42. kép: A márvány felülete megőrizte az eredeti jellegzetességeit (vésőnyomok)



43. kép: A szemcseszórás után a felületen maradt festéket lézerrel távolítottam el. A második esetben a felület csak minimálisan károsodott.

2.5 A restaurálás menete

Úgy ítélt meg, hogy a tél közeledtével a legoptimálisabb munkakörülmények eléréséhez a szobrot célszerű a helyszínről műterembe szállítani. Mivel a szobor pár hónappal korábban készült, így a szobrásztól pontos információt kaptam a szobor rögzítéséről. Kedvező körülmény volt az is, hogy az új kőanyag még nem gyengült meg, mint ahogy az általában a több száz éves emlékeknél előfordulhat, így kisebb volt a szállítás közbeni esetleges sérülés kockázata.

A fuga eltávolítása után, ékek segítségével választottuk el a szobrot a talpazattól (45. kép). Az így keletkezett részbe húzva az emelőkötelet, daru segítségével a teherautóra helyeztük az alkotást (46. kép).



44. kép: A szobor elválasztása a talapzattól



45. kép: A szobor teherautóra emelése

2.5.1 Szemcseszórás

Az előzetes tisztítópróbák rávilágítottak, hogy a vastag festékréteget mechanikusan is célszerű vékonyítani. Erre az egyik megfelelő módszer finom szemcseméretű (44 - 74 μm) nemes korund, 6-8 bar nyomáson történő szórása volt, a nagyobb, egybefüggő területeken (46-47. kép).



46. kép: Festékréteg vékonyítása szemcseszórással a szobor hátoldalán



47. kép: Elvékonyított festékréteg a hátoldali drapérián

2.5.2 Festékeltávolítás acetonos pakolással

A tisztítás során számolnom kellett azzal, hogy a vékony lefolyásoknál, finoman faragott részleteknél nem lehet szemcseszórással vékonyítani a festékréteget. Egyes helyeken szikét alkalmaztam, valamint további kísérletet végeztem a festékréteg hatékony vékonyítása céljából. Ennek során acetonnal átitatott papírvattás pakolást alkalmaztam úgy, hogy a pakolást lefóliáztam és fél óráig hatni hagytam, majd a felpuhult festékréteget ecsettel, szikével eltávolítottam (49. kép). Ezzel a módszerrel a festékréteg jelentős vastagságától megszabadultam, de a festékréteg alatt a kő felülete még mindig színes maradt. A festékmaradványokat lézerrel távolítottam el, úgy, mint a mechanikus vékonyítás után.



48. kép: Acetonos pakolás eltávolítása után leváló festékréteg a nyakkendő alsó részén

2.5.3 Lézeres festékeltávolítás

Az előzetesen mechanikusan vagy oldószeresen elvékonyított festékréteget lézerrel távolítottam el (50-51. kép). A vörös festék eltávolításához a Nd:YAG lézer 532 nm hullámhosszát (52-53. kép), míg a fekete festék eltávolításához 1064 nm hullámhosszt használtam. Ott, ahol a különböző színű festékek összekeveredtek az összetevők arányától függően választottam ki a hullámhosszt. Mivel a vörös festék arányaiban több volt, így a kevert részeken is a vöröses árnyalatok domináltak, amelyek eltávolítására az 532 nm-es hullámhosszt használtam. A nyalábot a csuklós kar segítségével juttattam a felületre, és a szobortól való távolságát változtatva csökkentettem vagy növeltem az energiasűrűséget. A tisztítást gyorsította az alkoholos nedvesítés. A márvány felülete megőrizte az eredeti jellegzetességeit (vésőnyomok). A folyamat során speciális védőszemüveget viseltem, illetve fekete fóliával elparavánoztam a munkaterületet, megakadályozva, hogy a nyaláb szembe jusson. Gondolva a nagy mennyiségben távozó, elpárolgó festék károsító hatására, a tisztítás alatt védőmaszkot is viseltem.



49. kép: A szobor lézeres tisztítása



50. kép: A szobor lézeres tisztítása



51. kép: Lézerrel félbetisztított terület a szobor hátoldalán tisztítás közben



52. kép: Hátoldali drapéria lézeres tisztítás közben

2.5.4 Festék maradványok eltávolítása graffiti árnyékeltávolítóval

A csuklós kar segítségével nehezen elérhető helyekre is be tudtam juttatni a lézernyalábot, mégis akadtak olyan területek, ahol a faragott kőfelület mélyebb pontjaiban megültek apró festékmaradványok. Ezek eltávolítására a Tensid AGS 60 graffiti árnyékeltávolító szert használtam. A szert ecsettel a felületre hordtam (54. kép) és a rövid hatóidő elteltével, meleg desztillált vízzel lemostam a felületről (55. kép). Szükség szerint ismételtam a kezelést.



53. kép: A festékmaradványok eltávolítása a Tensid AGS 60 graffiti árnyékeltávolító szerrel



54. kép: A szobor egy részlete a lézeres és oldószeres kezelést követően

2.5.5 Antigraffiti réteg felhordása

A tulajdonos Fót Város Önkormányzatának kérésére, annak érdekében, hogy egy esetleges következő támadást követően a felületre kerülő festékréteg könnyebben eltávolítható legyen, a szobor felületét Tensid AGS 3550 graffiti elleni védőszerrel vontam be. A szer szórópisztoly segítségével, alacsony nyomással, két rétegben került a felületre (56. kép). Az antigraffiti réteg tartóssága 5-7 év, ezt követően meg kell ismételni a kezelést.



55. kép: Tensid AGS 3550 anti-graffiti réteg felhordása



56. kép: Tisztítás előtti állapot,
Bordány 2015. január 26.



57. kép: Tisztítás közbeni állapot,
Bordány 2015. február



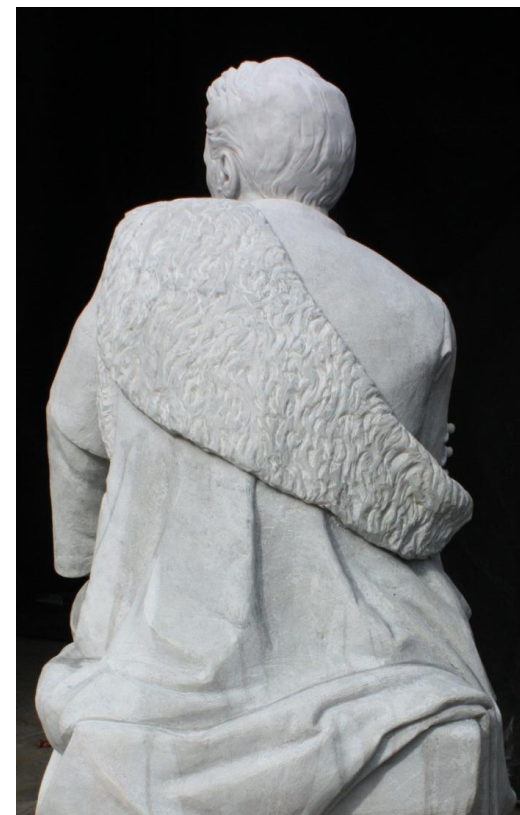
58. kép: Kész állapot,
Bordány 2015. április 04.



59. kép: Tisztítás előtti állapot,
Bordány 2015. január 26.



60. kép: Tisztítás közbeni állapot,
Bordány 2015. február



61. kép: Kész állapot,
Bordány 2015. április 04.



62. kép: A szobor visszaszállítása



63. kép: A szobor visszahelyezése



64. kép: Kész állapot, Fót 2015. április 07.



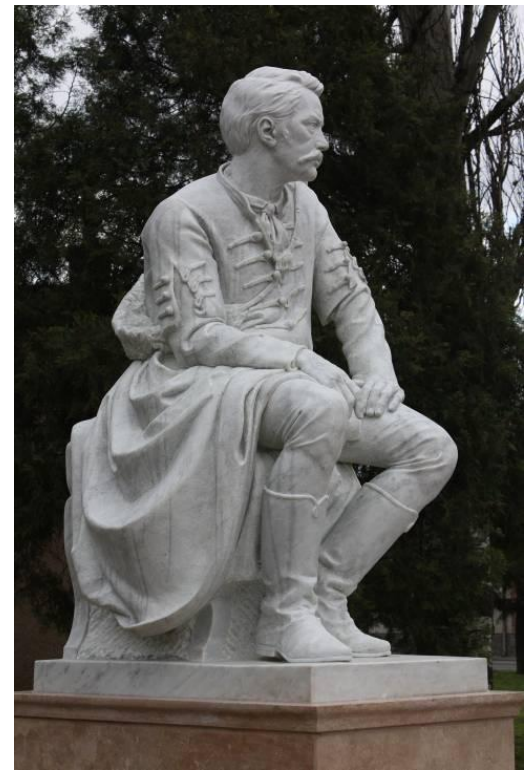
65. kép: Átvételi állapot, Fót 2014. november 27.



66. kép: Kész állapot, Fót 2015. április 07.



67. kép: Átvételi állapot, Fót 2014. november 27.



68. kép: Kész állapot, Fót 2015. április 07.



69. kép: Átvételi állapot, Fót 2014. augusztus 30.



70. kép: Kész állapot, Fót 2015. április 07.



71. kép: Átvételi állapot, Fót 2014. augusztus 30.



72. kép: Kész állapot, Fót 2015. április 07.

3 A tapasztalatok összegzése

A mestermunkám során a lézert, mint a hagyományos módszerek lehetséges alternatíváját vagy kiegészítőjét vizsgáltam különböző műtárgyakon, eltérő beállításokat alkalmazva. A műtárgyak több szempontból is különböztek, korukban, méretükben, anyagukban, a felületükön lévő szennyeződésben is jelentősen eltértek.

Az általam használt lézerek működési paramétereinek megfelelő megválasztásával sikeresen el lehetett távolítani a falkép töredékek felületére erősen kötődött, különböző vastagságú és összetételű kalcitos szennyeződést, valamint a festett felületen is megjelenő Plextol B500 filmréteget úgy, hogy az alatta lévő festékréteg ne sérüljön. A pigmentek reakciója megfelelt a korábbi tapasztalataimnak, így az egyiptomi kék és a mézsfehér egyáltalán nem mutatott színváltozást. Nem változott az okkersárga színe sem, viszont a vörösokker tisztítására a KrF lézert (248nm) alkalmaztam, mivel a Nd:YAG lézer használatakor a festékréteg megsötétedett.

Ezzel szemben a Károlyi István szobor esetében pont a festékréteg eltávolítása volt a cél, így itt azt a lézerbeállítást kerestem, ami a leghatékonyabban távolította el a felületet szennyező zománCFestéket. A legjobb eredmény eléréséhez a különböző technikák összekapcsolásán át jutottam. A szennyező réteget szemcseszórással és oldószeres pakolással vékonyítottam, majd az 532 nm-es és 1064 nm-es lézernyalábok segítségével távolítottam el úgy, hogy a felület jellegzetes vésőnyomai is megmaradtak. A mélyedésekben, repedésekben, nehezen elérhető helyeken megülő festékmaradványokat Tensid AGS 60 graffiti árnyékeltávolító szerrel távolítottam el.

A nedvesítés általában elősegíti a lézeres tisztítási folyamatot. A freskótöredékeknél viszont azt tapasztaltam, hogy a desztillált víz jelenléte sárgulást okozott, kivéve a felületre jutott Plextol B500 eltávolítását, ezért csak utóbbi eltávolításakor alkalmaztam. A szobor lézeres tisztítása során a felület alkoholos nedvesítése mindkét hullámhossz (532nm, 1064nm) használata során gyorsította a folyamatot, és hatékonyabbnak bizonyult, mint a desztillált vizes nedvesítés.

A tárgyak mérete meghatározta a lézer beállítását. A pár centiméter kiterjedésű falkép töredékek tisztításakor a nyalábot kibocsájtó kart rögzítettem és a tárgyakat mozgattam. Ezzel szemben a szobor lézeres tisztításakor kihasználva az eszköz mobilitását és a csuklós kar nyújtotta lehetőségeket az eszközt mozgattam a tárgy körül.

Az itt nyert széleskörű tapasztalataim alapján összességében elmondható, hogy a lézeres tisztítás lehetőségét érdemes számba venni a restaurálási folyamat

megtervezésekor. Ahogyan a restaurátori gyakorlatban a tisztítás módszerének kiválasztását tisztítópróbák előzik meg, úgy a lézeres tisztítás helyes paramétereinek megválasztásához is tisztítópróbákra van szükség. Amennyiben elég széles skálán tudjuk változtatni e paramétereket, úgy remélhetjük, hogy a lézer a hagyományos módszerekkel nem, vagy nehezen megoldható tisztítási problémákra is hatékony megoldást kínál.