

Agargéles eljárások a festményrestaurálásban – egy egyetemi szakdolgozat utóélete Somodi Nóra

Bevezetés

A 2018/2019-es tanév során elkészült *Poliszacharid rigid gélek használata festmények tisztításában és feltárásában* című szakdolgozat hazai téren egy – akkor még – ismeretlen anyaghasználatot helyezett a középpontba, az agargélek tulajdonságaival és a festmények tisztításában, feltárásában való alkalmazhatóságával foglalkozott.

Restaurátori működése során a szerző folytatta az agaragar használatát, majd érdek-lődő kollégák kérésére segédkezett festmények agargéles tisztításában. Túlnyomórészt vászonra festett olajképek, néhány esetben pedig akrilfestmények és falképek kezelése során sikerült tapasztalatot szerezni. Az agaragar a tisztítás/feltárás eszköztárának részé-ként több esetben bizonyult hatékony, biztonságos és egyben gazdaságos megoldásnak.

Az 1980-as évek végétől a restaurálásban is kutatott és alkalmazott gélekkel¹ történő tisztítás a nedves eljárási módok továbbgondolását jelentette. A folyadék halmazállapot-ban műtárgyak felületére felvitt vizes oldatok és szerves oldószerek kockázati tényezői – mint például a kötőanyag duzzadása és oldódása, a kezelőszér ellenőrizhetetlen és szabályozhatatlan terjedése a felületen és az alsóbb rétegekbe diffundálása – jelentősen csökkenthetőek gélesítés által.

Az agargélek termoreverzibilis tulajdonságuknak köszönhetően szobahőmérsékleten szilárd, ugyanakkor rugalmas anyagok, amelyek molekuláris szivacs-ként működve szer-kezetükbe építhetik az eltávolított szennyeződésrészecskéket. Amellett, hogy bizonyítot-tan alkalmas anyagok műtárgyak tisztítására, bizonyos esetekben jelentős mértékben csökkentik a restaurátori beavatkozás során felmerülő kockázati tényezőket. A gélek egészség- és környezetvédelmi szempontból is előnyös vívőanyagok, mivel használatuk-kal csökkenthető a levegőbe párolgó és lefolyóba kerülő szerves oldószerek, illetve egyéb káros anyagok mennyisége.

Vízérzékeny felületek esetében az agargél egyike a víz szállítására alkalmas legbiz-tonságosabb módoknak, mivel működése által a felület nedvesítése viszonylag lassú, ellenőrizhető és szabályozható. Nem csupán a szűken értelmezett tisztításban játszik

¹ A gél nagy viszkozitású kolloid diszperzió. A szol és gél kifejezések a diszperziókat jellemzik a kolloidkoncent-rációk szélsőségei szerint. A szol kolloidkoncentrációja alacsony, és tulajdonságai a folyadékhoz állnak közel, míg a gél kolloidkoncentrációja magas, kevésbé vagy egyáltalán nem folyik (Wolbers 2017, 386). A részecskék között ható vonzóerő alapján különítünk el fizikai és kémiai géleket. Fizikai gélek esetén a polimerláncok között gyenge, másodlagos összetartó erők (elektrosztatikus kölcsönhatás, hidrogénkötés) vannak. Ebben a csoportba tartozik például a zselatin és az agargél, amelyek hevítés-hűtés hatására reverzibilis kohezív rendszerek, azaz átmenetet képeznek a folyadékok és a hagyományos értelemben vett szilárd anyagok között. A kémiai gélek erős, elsőrendű kovalens kötése révén az irreverzibilis kohezív rendszerek csoportjába tartoznak, mint például a poli(vinil-alkohol) gél (Csetneki 2006, 3).

szerepet, hanem a valójában szerkezeti beavatkozások körébe tartozó bevonatok, előre-gedett filmképzők, ragasztók, konzerválóanyagok és átfestések eltávolításában is.

Az agaragar és az agargél

Az agaragar az egyik legősibb természetes gélesítő anyag, amely az *Agarophytes algae* nevű tengeri moszatfajok sejtfalát alkotó szerkezeti anyagok egyike. Két fő szénhidrátreszből, agarózból és agaropektinből felépülő poliszacharid komplex. A két sejtfalalkotó polimer aránya hozzávetőlegesen 2:1, habár pontos részarányaik az egyes moszatfajokban eltérőek. A gélesítésért egyedül felelős agaróz egyenes láncú, semleges részalkotó, a galaktóz homopolimerje. A gélképződést az agaróz kettős hélikus szerkezetbe rendeződése, illetve a hélixek közötti kölcsönhatás okozza. A vízmolekulákat a háromdimenziós szerkezetbe fonódó dupla hélixek tartják magukban.²

Az agar a mikrobiológiai táptalajok leggyakoribb alapanyaga, elektroforézis-gélként,³ kromatográfiás⁴ szűrőként, vitaminok és ásványi anyagok hozzáadásával növények csíráztatására is használják. Sűrítőanyagként és stabilizátorként étkezési⁵ és kozmetikai termékek adalékanyaga.

Az agaróz termoreverzibilis tulajdonságú, olvadási és gélesedési ponttal rendelkezik. Az olvadás-szilárdulás ciklusok elméletileg a végtelenségig megismételhetők, gyakorlatilag pedig addig, míg az agaróz fizikai károsodást nem szenved.⁶ 85 °C alatti hőmérsékleten az agarpor csak diszpergálódik, az oldódáshoz 85 °C-nál magasabb hőmérsékletre van szükség. Hűlés során – kicsivel szobahőmérséklet felett – 32–40 °C között alakul szilárd halmazállapotú gellé. Tehát a gél 40 °C és 85 °C közötti hőmérsékleten folyékony vagy szilárd is lehet attól függően, hogy azelőtt milyen állapotban volt.

Az agargél kialakulása alacsony koncentráció mellett, 0,5–1%-os⁷ oldatban is végbemege, azonban például a kémhatás hatással van az erősségére: a pH csökkenésével párhuzamosan a gél szilárdsága is csökken.

Desztillált vízzel készített agargél használata esetén sem hagyható figyelmen kívül az a kockázati tényező, amely a gél spontán tömörödési képességével, a szinerézis jelenségével hozható összefüggésbe. A folyadékvesztéssel járó zsugorodás a kezelt műtárgy felületén száradást követően is látható vízfoltot⁸ eredményezhet. A vízfolt mérete és terjedésének

2 Wolbers 2017, 381.

3 Az elektroforézis olyan elválasztási eljárás, melyet kis és nagy méretű töltéssel rendelkező részecskék, biomolekulák (peptidok, fehérjék, nukleinsavak, szénhidrátok), vírusok és sejtek elválasztására használnak. Alapja, hogy egy oldatkeverék töltéssel rendelkező komponensei elektromos erőterben különböző sebességgel mozognak, így egymástól elválasztódnak (Gáspár 2000).

4 A gélkromatográfia a molekulatömeg-különbségeken alapuló egyik legerőteljesebb elválasztási módszer.

5 Az agar élelmiszer-adalékanyag kódja: E406.

6 Cremonesi 2016, 362.

7 A szerző a tanulmányban vegyesszázalékat (m/V) használ.

8 A vízfolt foltos megjelenést okozó, cseppkromatográfiához hasonlítható határvonal, amely vízdíszítő szennyeződések, lebomlási termékek, pigmentek szállítása révén keletkezik olyan anyagokban, amelyekben a nedves-

sebessége függ a kezelendő tárgy szerkezetétől, a gél koncentrációjától, a hatóidőtől és nem utolsósorban a tisztítandó műtárgy vízzeloldható komponenseinek tulajdonságától. A víz kiszivárgását a nyomás gyorsítja, a gél porozításának csökkenése pedig lassítja.⁹ A szakirodalom ciklopentasziloxán (D5 szilikonos oldószer) köztes anyagként való használatát javasolja, amely a gél köré ecsetelve megakadályozza a vízfolt kialakulását.¹⁰ A vízfolt kialakulásának esélye bizonyos esetekben a kezelendő felület lakkbenzines előnedvesítésével is megelőzhető lehet. A gél teljes felületen történő összefüggő alkalmazásával az említett foltosodási probléma biztosan elkerülhető.¹¹

A gélmátrix féligáteresztő hátyaként képes viselkedni, ezért vizes oldatok rigid gél formájában történő alkalmazásakor bekövetkezhet ozmózis. Az ozmózisos jelenség hatóereje a koncentrációk kiegyenlítődése, amelynek értelmében féligáteresztő hátyával elválasztott oldatok között megindul az oldószer-molekulák átáramlása a nagyobb koncentrációjú oldat irányába.¹²

Elkészítés és felhelyezési módok

A kívánt koncentrációnak megfelelően a kimért agarport és a vizet hőálló üvegedényben összekeverjük, majd mikrohullámú sütőben – gyakori keverés mellett – forráspontra melegítjük. Ettől a ponttól az oldat hőmérsékletét egy digitális hőmérővel állandó megfigyelés alatt tartjuk. Amennyiben hatóanyag hozzáadására van szükség, a komponensek összekeverését elegendően alacsony hőmérsékleten, ugyanakkor a gélesedési hőmérséklet felett kell elvégezni. A gyakorlat azt mutatja, hogy ez a hőmérsékleti tartomány kb. 48–50 °C, azonban az összekeverés pillanatában gyors hőmérséklet-csökkenésre, vagyis gélesedésre/szilárdulásra kell számítani, ezért a művelet sor sikeres befejezése némi gyakorlatot, gyorsaságot kíván.¹³

ség kapilláraktivitás által terjedésre képes. Annál a pontnál, ahol a párolgás megkezdődik, a kimosódott lebomlási termékek és a szennyeződések feldúsulnak, lerakódnak, és határvonal keletkezik (Scharffenberg 2014, 43).

9 Az agar koncentrációjának növelése 4-5%-ra kisebb pórusméretet eredményez. Az agaropektintől elválasztott, ezért drágább agaróz restaurátori használata ellen szól az a tény, hogy az agaropektinben megtalálható szulfátcsoportoknak köszönhetően az agar retikulumának üregei a tiszta agarózhoz viszonyítva kisebb méretűek (Cremonesi 2016, 362).

10 Keynan–Hughes 2013, 49.

11 A szerző tapasztalatai alapján kikísérletezett, az adott műtárgy esetében működő, nem általánosítható eljárási módok. A teljes felületen történő, ecseteléssel felvitt agargéles kezelés nagyobb méretű kép esetén legalább két embert, magas fokú koncentrációt, gyorsaságot, összehangoltságot és tapasztalatot igénylő beavatkozás. A kis felületű tisztítási próba elvégzése minden műtárgy esetében szükséges.

12 Cremonesi 2017, 25.

13 Meleg vizes fürdővel, enyv és viasz melegen tartásához használatos elektromos fűtőedény alkalmazásával a gélesedés lassítható. Az IMAT (Intelligence Mobile Multipurpose Accurate Thermo-Electrical Mild Heating Device for Conservation of Cultural Heritage Assets) kutatási program keretein belül kifejlesztettek egy intelligens fűtőberendezést, amelynek egyik típusa a főzőpohár „becsomagolása” által tartja szinten a folyékony fázisú gél hőmérsékletét (Markevičius et al. 2017, 70).

A gél felhelyezése két fő módon valósulhat meg: 1. előöntött géllap formájában, 2. félszilárd (szol) állapotú gél felecsetelésével.

Előöntéskor a még folyékony gélt szilikonformába öntjük, és szobahőmérsékleten hagyjuk kihűlni. Az előöntött géllap alkalmazásának hátránya, hogy kizárólag szinte teljesen sík felületen alkalmazható. Ha a gél nem tud egyenletes kapcsolatot kialakítani a kezelendő felület egészével, a művelet sem zajlik egyenletesen. Üveg- vagy plexilapokkal történő lesúlyozás elősegítheti a tökéletesebb érintkezést, ugyanakkor ebben az esetben számítani kell szinerézisre.¹⁴

Szol állapotú gél felecsetelése a gélesedési hőmérséklet feletti tartományban történik. A melegítés befejeztével az oldatot a lehető legalacsonyabb pontig – kb. 45 °C-ig – hűtjük, és még folyékony állapotában visszük fel a kezelendő felületre.¹⁵ Ez a felviteli mód teljes mértékű kapcsolatot biztosít egyenetlen és pasztózusan festett képek felszínével is, emellett alkalmazható falakon, szobrokon és egyéb bonyolultabb geometriájú műtárgyak felületén. Hátránya, hogy a gél adhéziója megkívánja a festékréteg elegendően jó tapadását az alapozóhoz és a hordozóhoz (1. kép).

Paolo Cremonesi egy harmadik alternatívát is említ,¹⁶ amely a radírmorzsához hasonló elven géleszeléssel történik. Cremonesi és társai újabban nagy kiterjedésű felületek (például falképek, kőszobrok) agargéles tisztításának szórópisztolyos fújással történő (spray) felvitelét publikálták.¹⁷

Vizes anyag lévén a gélben néhány napon belül mikroorganizmusok, penészgombák jelennek meg. A tisztább, laboratóriumi minőségű agaróz gél hűtött állapotban hosszabb ideig eláll lebomlási termékek megjelenése nélkül, az étkezési agaragarból készített gél kb. három napig tárolható. Hosszabb idejű tartósítás érdekében hozzáadható tartósítószer is, amely közvetlenül a használat előtt tiszta vízben kiáztatható.¹⁸ Praktikusabb azonban a hatóanyaggal kevert géleket azonnali felhasználásra készíteni, a tiszta agargélt pedig maximum egy-két napig tárolni. A gél és a hatóanyag összekeverése után – mivel az oldószerek elpárolognak, az enzimek denaturálódnak stb. – az oldat újramelegítése nem vezet eredményre.

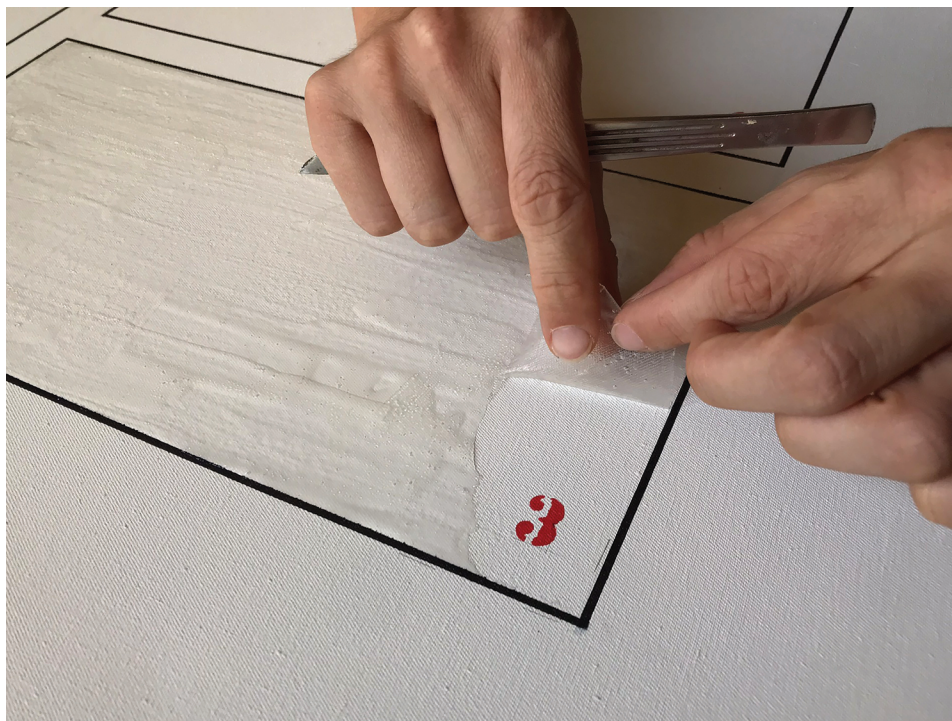
14 Ilyen esetben érdemes a tárgy teljes felületét egyszerre kezelni, illetve a tárgynál nagyobb méretű géllapot készíteni. Az előöntött géllap alkalmazásával festmények felületi kezelése során nem valószínű, hogy eredményt lehetne elérni. A szerző előöntött géllapot általában nem használ, ugyanakkor például hátoldali tisztítás során elképzelhető, hogy bizonyos esetben duzzasztás céljából hatékonyan működne.

15 A gyakorlatban az ecsetelést érdemes megkezdeni annál a pontnál, amikor a főzőpohárba állított hőmérő kijelzője kb. 45 °C-ot mutat, de a festményre nézve nem jelenthet problémát az ennél magasabb, 50–55 °C tartomány sem. Ennek az az egyszerű oka, hogy az ecsetre kerülő gél hőmérséklete a levegőben és a festmény szobahőmérsékletű felületével találkozással hűl. Ha nem dolgozik elég gyorsan, az ecsetelést végző restaurátor azt tapasztalhatja, hogy a gél már az ecset felületén megszilárdul. A szerző szinte minden esetben ezt az eljárási módot alkalmazta.

16 Paolo Cremonesi olasz származású *conservation scientist*, vegyész, biokémikus és Richard Wolbers festmény-restaurátor, biokémikus, *associate professor and coordinator of science in the University of Delaware Department of Art Conservation*, a restaurátori géles eljárások vezető kutatói.

17 Giordano–Cremonesi 2020.

18 Chris Stavroudis Germaben™ II márkanévű tartósítószer használt az agargél tartósítására. <https://www.youtube.com/watch?v=3MkZBxRJ9Yg&list=PL5ZJP2yRfA3aNtJ61U-IMifroGzAhAC&index=5>



1. kép. Akrifestmény tisztítása felecsetelt agargéllal¹⁹ (Tót Endre: *Die Kölner Polizei*, 2000 körül, akril, vászon, 89 × 158 cm, acb Galéria)

Fig. 1. Cleaning of an acrylic painting with agar gel brushed onto the surface (*Die Kölner Polizei* by Endre Tót, c. 2000, acrylic paint on canvas, 89 × 158 cm, acb Gallery)

Enzimtartalmú gél készítésekor általában 1–1,2%-os gélkonzentrációt alkalmaznak, mivel a gélviszkozitás befolyásolja az enzim mobilitását. A proteinek erősen kötődnek üveghez, kvarchoz és polisztirolhoz, ezért enzimes gél készítése alacsony proteinmegkötő tulajdonságú (például polietilén/polipropilén) eszközök használatával javasolt.²⁰

A gélmegmaradvány kérdése

Az agargél használata mellett szóló egyik legfontosabb érv, hogy eltávolításuk könnyű, gyors és maradványmentes.²¹

A géles eljárást követő áttörlés vagy utókezelés az eljárási mód függvényében kerül meghatározásra, de bizonyos esetekben – például vízfoltok által szennyezett akrilfestmény

¹⁹ Restaurálta Somodi Nóra, Szokán Erika.

²⁰ Van Dyck 2004, 93–107.

²¹ Az egyik legporózusabb és leginkább nedvszívó felületen, gipszöntvényen végzett kísérletek során a gél fő monoszacharid alkotója, a galaktóz csak nyomokban volt kimutatható. A maradványokat Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópiával (FT-IR) és gázkromatográfia-tömegspektrometriával (GC-MS) vizsgálták (Anzani et al. 2008).

felületének agargéles tisztítása során, a gél eltávolítása után valószínűleg nincs szükség utókezelésre, a felületet egyszerűen csak hagyni kell megszáradni.

A gélmaradvány kérdését érdemes a felviteli módoknak megfelelően árnyalni. Az előöntést követően a tisztítandó felületre helyezett rigid gél nem hagy maradványt, hiszen ahogyan egy darabban került a felületre, ugyanúgy egy darabban történik eltávolítása is. A gélhez hozzáadott egyéb komponensek (tenzidek, komplexképzők stb.) természetesen a nedvességgel együtt a mélyebb rétegbe diffundálhatnak, ezek mennyiségét csökkentheti egy adalékmentes ún. „öblítőgéles” utókezelés. Mivel a rigid gél az elérhető nedvesítési eljárások leginkább ellenőrizhető módja, jól megtervezett kezelés és az adott műtárgy tulajdonságai alapján kalkulált helyes paraméterek (koncentráció, hőmérséklet, hatóidő, kémhatás) alkalmazásával az agargéles nedvesítéssel járó kockázati tényezők a minimálisra csökkenthetők.

A még melegen, szol állapotában felecsetelt és a műtárgy felületén megszilárdult gél a vízvesztés következtében az elvékonyodó peremek mentén visszamaradhat. Az átlátszó, vékony gélhártya észrevételéhez alapos megfigyelésre és jó fényviszonyokra van szükség, ugyanis megjelenése nem feltűnő. A kívánt hatóidő elteltével a felecsetelt gél eltávolítását (vagy lehúzását) érdemes a peremek mentén megkezdeni, különösen összpontosítva az elvékonyodott, ezért kissé letapadt gélhártya képfelszíntől való elválasztására. A művelet szikével (szemészlándzsával, spatulával stb.), nedves vattával vagy ecsettel könnyedén kivitelezhető.

Esettanulmányok

Az alábbi festmények vonatkozásában az esettanulmányok csupán egy-egy kiragadott fázist szemléltetnek, amelyek elvégzésében az agargéles eljárás kulcsfontosságú szerepet játszott. Az adott festmény állapotának és a restaurátori problémának megfelelően előkonzerválás történt, ami a festékréteg lokális rögzítését, a képpoldal ideiglenes felületi védelemmel való ellátását, a hátoldal konzerválóanyaggal való beitatását jelentette.

Képpoldali tisztítás agargéllal

Kézdi-Kovács László (1864–1942): *Tavaszi táj*, 1904 körül, vászonra festett olajkép, 60 × 80 cm, tulajdonos: a magyar állam²²

A festmény képpoldala jelentős mértékben szennyezett volt. A szennyeződés a vászon struktúrájának mélyebb részeiben megült, ezáltal az esztétikai látványt erőteljesen zavarta, sötétszürke, rácsos mintázatú megjelenést eredményezett. Mivel a vékonyan festett helyeken a festékréteg hosszas dörzsölésre érzékenyen reagált volna, többlépcsős, előnedvesítésen



2. kép. A még meleg és szol állapotú agargél felecsetelése a képpoldalra

Fig. 2. Application of the warm agar gel as a sol to the painted surface

és a szennyeződés duzzasztásán alapuló géles eljárással végeztünk tisztítást. A szennyeződés eltávolítása agaragarral gélesített, nem ionos felületaktív anyagot tartalmazó vizes oldattal történt, lakkbenzines áttöréssel. Habár a vizes oldat vezetőképességének mérésére ez esetben nem volt alkalom, a szakirodalmi alaptézisek szerint a minél alacsonyabb ionkoncentráció érdekében a kiindulópontot ioncserélt víz adta, a kémhatást pedig nem ionos felületaktív anyaggal módosítottuk pH 8,5–9 értékre.²³

A festmény teljes felületét két részre osztva kezeltük. A felső kétharmad, illetve az alsó egyharmad rész elosztása formakövető módon, a sárgával festett talajszint mentén került meghatározásra. A felecsetelt gél hőmérséklete a felvitel pillanatában 45 °C volt (2. kép), a hatóidőt pedig nyolc percben határoztuk meg. Ebben a fázisban a festmény felületéről csupán a szennyeződésréteget távolítottuk el, a megsárgult lakkot és az átfestést az alkalmazott vizes oldat nem oldotta.

Általánosságban elmondható, hogy a gél a szennyeződésrészecskék gyors, néhány perc alatti eltávolítására önmagában nem képes, azonban a réteg előoldására és a felületi

23 Paolo Cremonesi kísérletei alapján a desztillált vízzel elkészített 2%-os agargél vezetőképessége 440 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 3%-os koncentrációban 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 4%-os koncentrációban pedig 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Cremonesi 2017, 23). Izotóniás vizes oldatokkal való tisztítás okozhatja legkevésbé a festékréteg duzzadását és károsodását. Izotónia esetén a tisztítóoldat és a tisztítandó nedves rétegek ionkoncentrációja azonos, ez pedig a legalkalmasabb módja a víz feszültségmentes ki- és bejutásának a rétegeken keresztül. Hagyományos olajkötésű művészfesték esetén általában 50–300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ közötti értéket értünk izotónián. Akrilfesték esetében az izotóniás pont sokkal magasabb, 300–6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ami leginkább a hozzáadott ionos anyagok, vagyis például a felületaktív és sűrítőanyagok következménye (Wolbers–Stavroudis 2012, 500–504).

feszültség csökkentésére igen. Ebben az esetben kiegészítő vattás áttöréssel a nemkívánatos réteg rövidebb idő alatt, kíméletesebb fizikai behatással és kisebb oldóképességű – jelen munka esetében apoláris – oldószerrel eltávolítható volt (3. kép).



3. kép. A felületi tisztítás második lépése: a megszilárdult agar gél részleteiben történő leválasztása és a szennyeződés eltávolítása lakkbenzinnel nedvesített vattával

Fig. 3. The second stage of the cleaning procedure involves lifting the agar gel in fragments, followed by dirt removal using a white spirit-soaked cotton swab

Vászonhordozó hátoldali tisztítása agargéles duzzasztás és szikés eltávolítás kombinációjával

Edward Young (1823–1882): *József nádor*, 1847, vászonra festett olajkép, 91 × 76 cm, magántulajdon²⁴

Tapasztalati alapon ismert tény, hogy vízzel érintkezve egyes vászonhordozók kevésbé reagálnak, egyéb esetekben pedig drasztikus változások mennek végbe. Amennyiben a vászon anyagának meghatározása restaurálás előtt nem történik meg, érdemes minden lehetséges esetre felkészülni, illetve megelőzésre törekedni.²⁵

24 Restaurálta Pethes-Mánfai Zsófia, Somodi Nóra.

25 A tanulmány szempontjából itt a kontrollált vízközlés kerül fókuszba, ugyanakkor megelőzésen természetesen a kitűzés és lesúlyozás alapvető lépéseit is érteni kell.

Vízfelvételnél a különböző szálanyagok különbözőképpen duzzadnak és zsugorodnak. A csavarodott pamutszál vagy a hélikus szerkezetű gyapjuszál hosszában nagymértékű zsugorodásra, keresztmetszetében duzzadásra képes. Az egyenesebb len-, kender- vagy selyemszál kevésbé zsugorodik. Textilhordozó esetében a fonalak sodrata is befolyásolja, mennyire változik meg a textil a nedves kezelés során. A lenszálak nedvesség hatására önként S sodratot vesznek fel, így az S sodratú fonalak kissé erősebbre sodródnak, a Z sodratúak pedig a víz hatására kilazulnak. A cellulózalapú szálanyagok (len, kender, pamut) a savas, a fehérjealapú selyem és gyapjú pedig a lúgos oldatokra érzékenyebb. A mechanikailag erősen meggyengült, bomlásnak indult szálanyagok semleges kémhatású vízben is hidrolízist szenvedhetnek, tehát a közel semleges vagy enyhén lúgos/savas közegre is érzékenyek lehetnek.²⁶ A nedvesség hatására bekövetkező vázszonmozgás a képpoldal sérüléséhez, az alapozó- és festékréteg(ek) elválásához, kipergéséhez vezethet.

Hátoldali szennyeződés, illetve korábbi restaurálások során felkerült rétegek (például dublázás ragasztóanyagai) eltávolítása és kíméletes nedvességgel való tisztítás céljából gyakran alkalmazunk géles eljárást cellulóz-éterekkel történő duzzasztás formájában. Például a metil-cellulózból készített gél használatával szemben az itt bemutatott eljárás előnye, hogy a még lassabb nedvesítés nagymértékű ellenőrizhetőséget, biztonságot és hosszabb munkaidőt biztosít, mivel a vázszon átnedvesedésétől, illetve a fonalak számottevő zsugorodásától vagy duzzadásától nem kell tartani. Gyakorlati szempontból a leglényegesebb eltérés, hogy agar használatával a nedvesítés megállítása azonnal, a gél egyetlen lépésben történő eltávolításával, visszamaradó gélmaradvány nélkül kivitelezhető.

Ebben az esetben a kép hátoldalára korábban – valószínűleg konzerválási céllal, szakszerűtlenül – felecsetelt transzparens anyag a hordozó ridegségét és merevségét eredményezte. A hátoldali bevonat és az általa okozott tulajdonságváltozás minden bizonnyal kapcsolatba hozható a festékréteg súlyos mértékű károsodásával, a rétegeltávolításokkal és kipergésekkel.

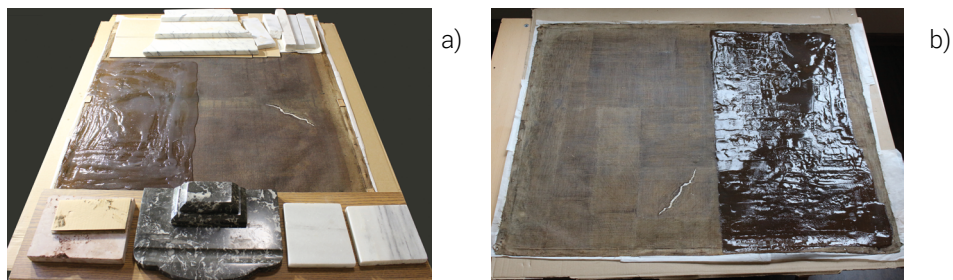
A hátoldali tisztítás célja az ismeretlen összetételű anyag minél alaposabb eltávolítása, ezáltal pedig a vázszon anyagának könnyítése, rugalmasságának viszonylagos visszaállítása és a konzerválóanyag bejuttathatóságának biztosítása volt.

A kérgesedett bevonat száraz eljárással, szikés sorvasztással nem volt eltávolítható, ugyanakkor nedvességgel érintkezve a felpuhult anyag a vázszonfonalaktól elválaszthatóvá vált. A nedvesítés agargéllal valósult meg, több lépésben, sávosan, egyszerre csupán a hátoldal kb. ötödrészét nedvesítve (4a kép). A vízzel készített gél még folyékony állapotában, 55 °C kezdeti hőmérsékleten, ecseteléssel került a vázszonra. Tizenöt perc hatóidő elteltével a megszilárdult gélhártya egy kis része került csak felemelésre, míg második lépésben szikével távolítottuk el a már kellő mértékben felpuhult réteget (5. kép). Az alkalmazott

26 Tímárné 1992, 155.

eljárás oly mértékű, lassú és a hordozó szempontjából biztonságos nedvesséγκözlést eredményezett, hogy a nedvesség a vászonig szinte el sem jutott (6. kép). Egyes területek alaposabb tisztítása érdekében az eljárás ismétlésére volt szükség, azonban a kezdeti 3%-os géلكoncentrációt (a még lassabb nedvesítés érdekében) 4%-ra növeltük (4b kép).

Az eljárásnak köszönhetően a kép ismétetlen síkba került, a vászon rugalmasságát visszanyerte és a deformációk jelentősen csökkentek.



4a–b kép. A folyamatban lévő eljárás egyes fázisai: a) a hátoldal egy részének nedvesítése, b) az eljárás megismétlése a korábbinál erősebb szerkezetű agargéllal

Fig 4a–b. Phases of the treatment in progress: a) applying moisture to the back of the canvas, and b) repeating the treatment with a higher-concentration gel



5. kép. A megszilárdult géلك fokozatos felemelése a felületről és a felpuhult bevonat sorvasztása

Fig. 5. Gradual lifting of the solidified gel from the surface and removal of the softened coating by scraping



6. kép. A felület állapotait szemléltető munkaközi részletfelvétel
Fig. 6. Surface detail exhibiting the successive phases of the treatment

Töblblépéses lakkeltávolítás olajfestmény felületéről

Raáb Ervin (1874–1959): *A Kőműves lépcső a Tabánban*, 1930 körül, vászonra festett olajkép, 70 × 100 cm, magántulajdon

A tabáni Kőműves lépcsőt ábrázoló, pasztózusan megfestett, közel százéves festményt öregedett, barnult, szennyeződött, minden bizonnyal természetes gyantatartalmú lakkréteg borította, amely a festői téma napfénytől vibráló intenzív színvilágát elfedte.

A vattás feltárási próbák során a poláris oldószerek és lúgos kémhatású vizes oldatok bizonyultak hatékonyak. Hagyományos módszerrel az oldás hosszadalmas, percekig tartó görgetéses duzzasztást igényelt, melynek során a kép alsóbb rétegei is átítatódtak. Az oldószer minél lassabb terjedése és felszínen tartása céljából agargélbe kevert változatával is készült próbafeltárási. Húsz perc alatt a gél a lakkréteg szempontjából hatékonyan, míg a festékréteg szempontjából lassan nedvesített. Ezt követően az eltávolítandó réteg visszatörlésére a lakkbenzinnel átítított vatta is eredményesnek bizonyult.

Az eljárás során etanolt és ammónium-hidrogén-karbonátot tartalmazó 2%-os, szol állapotú agargél került a felületre, amelynek hőmérséklete az ecsetelés megkezdésekor 40 °C volt.²⁷ A hozzávetőlegesen pH 9,5 kémhatású,²⁸ alkoholt is tartalmazó vizes oldat hozzáadása a gélhez 1:1 részarányban történt, amikor az alapgél 50 °C-ra hűlt.

Húsz perc hatóidő elteltével kezdődhetett meg a gél fokozatos eltávolítása, illetve „feltekerése”, figyelve arra, hogy az előduzzasztott rész áttörlésig nedves maradjon (8. kép). A visszatörlés lakkbenzines vattával történt, egyes pasztózusan festett helyeken ecset is alkalmazásra került. Egy-egy részlet kezelésének időtartama – a gél felhelyezésétől az eltávolításon keresztül az áttörlés befejezéséig – kb. másfél óra volt.

27 A keverék pontos receptje: 50 ml vízben oldott 2 g agaragar + 50 ml etanol és víz (1:1) keverékében oldott 3 g ammónium-hidrogén-karbonát.

28 A pH-papír elszíneződése alapján becsült szám.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

7a–f kép. Az eljárás egyes fázisai: a–b) géles előduzzasztás lépésről lépésre, c) munkaközi állapotfelvétel, d) a felületről eltávolított agargél, e–f) restaurálás előtti és utáni állapotfelvételek

Fig. 7a–f. Various phases of the treatment: a–b) applying moisture step by step using agar gel, c) the painting during treatment, d) the agar gel removed from the surface, e–f) before and after restoration

A lakkbenzines áttörléssel kombinált agargéles kezelés a viszonylag vastag és összefüggő lakkréteg megbontására és a lakk nagy részének eltávolítására volt alkalmas (9. kép). Az első fázis eredményeként halványsárga vékony rétegben – a vászonstruktúra mélyedéseiben pedig vastagabb rétegben és sötétebb árnyalatban, foltszerűen – lakkmaradvány volt tapasztalható. A feltárás utolsó fázisában az oldás hagyományos módszerrel, denaturált szesszel, görgető mozdulatokkal történt.

Öregedett lakkréteg eltávolításával kapcsolatban általános alapelv, hogy inkább több lépésben, a fokozatosság elvét betartva, gyengébb oldószerek használatával haladjunk a cél felé, szemben az erős oldószerekkel egy lépésben elérhető, azonnali eredménnyel. Azáltal, hogy a gél működése a felszínre koncentrálódik, a párolgás és a mélyebb rétegek felé történő diffúzió jelentősen lelassul, az oldószerveszteség kisebb, ugyanannyi hatóanyag felhasználásával nagyobb képfelületet kezelhető, a hatásmechanizmus pedig még a festékréteg elérése előtt megállítható.

A felületről eltávolított agargél anyagában jelentős mértékű színbeli változás, sárgulás ment végbe, amely részben a vízzeloldható oxidációs anyagok és szennyeződések gélstruktúrába diffundálásának az eredménye. A használt gélhártyát fehér alátétre helyezve láthatóvá vált, hogy az agar a képfelszín pontszerű szennyeződéseit „felszívta” (7a–f kép).



8. kép. A gél által előduzzasztott lakkréteg eltávolítása lakkbenezines vattával történt

Fig. 8. The gel was used to induce a swelling of the aged varnish, which was subsequently removed using a white spirit-soaked cotton swab



9. kép. A kép felületének részlete feltárás közben

Fig. 9. Surface detail exhibiting the successive phases of the treatment

Összegzés

Restaurálás során vizes oldatok és oldószerek penetrációjának korlátozása érdekében viszkozitást növelő polimerek, vagyis gélesítő anyagok alkalmazhatóak, azon belül is cellulóz-éterek (metil-cellulóz, karboxi-metil-cellulóz, hidroxipropil-cellulóz stb.), poliakrilsav származékok (Carbopol, Pemulen) és poliszacharidok (xantángumi). Alapos utókezelés – vizes vagy oldószeres áttörés – ellenére is maradhat gél a felületen, te-

hát ezeknek a szobahőmérsékleten nem rigid, viszkózus anyagoknak az eltávolítása is feladatot jelent. Ezzel szemben a szintén poliszacharid rigid gélek (agar, gellán) szilárd állapotuk miatt maradvány nélkül távolíthatók el, emellett pedig az általuk közvetített hatásmechanizmus is azonnal megállítható.

A gélbe kevert felületaktív anyagok, szerves oldószerek stb. egy része természetesen a műtárgy rétegeibe képes vándorolni, ilyenkor pedig kiegészítő kezelést szükséges végezni. Az áttörés szerves oldószer alkalmazása esetén a hagyományosan kivitelezett eljárásokhoz hasonlóan történik, a visszamaradó felületaktív anyag mennyiségének csökkentése érdekében pedig az öblítőgéles lépés is alternatívát jelenthet.

Léteznek más típusú, szobahőmérsékleten szintén szilárd kémiai gélek – például PVA hidrogél,²⁹ pHEMA/PVP hidrogél,³⁰ organogélek³¹ –, amelyeket kimondottan restaurálási célokra fejlesztettek ki és hoztak forgalomba. Ezek beszerzése használatra kész változatban külföldről lehetséges, és az agaragarnál lényegesen költségesebb megoldást jelentenek.

A bemutatott esettanulmányok is igazolják, hogy egy eltávolítandó szennyeződés, lakk vagy átfestési réteg esetében előduzzasztás céljából hatékonyan és biztonságosan alkalmazható nagyobb oldóképességű vagy magasabb pH-értékű agargél. Ezt követően, második lépésben, a hagyományos eljárású tényleges eltávolítás alkalmával akár apoláros oldószerhasználattal is befejezhető a művelet.

Esettanulmány formájában nem került bemutatásra, de a gyakorlati tapasztalat egyértelművé teszi, hogy fröccsenések vagy beázások során keletkezett vízfoltok esetében érthető meg leginkább az agargél hatásmechanizmusa, amely a „molekuláris szivacs” kifejezéssel jellemezhető. Ilyen esetekben a károsodási forma vízdoldható szennyeződést feltételez, melynek eltávolítása vizes oldattal vagy akár valamelyik hidrogéllal, így agarral is célravezető lehet. Habár a vízfoltok foltszerűen jelennek meg, a szinerézis kockázatára gondolva mégis érdemesebb lehet a gél a kép teljes felületén, esetleg formakövetően alkalmazni. Ilyen típusú szennyeződés esetében a teljes felületre felecsetelt agargéllal néhány perces hatóidő alatt, akár mechanikai hatás nélkül is kivitelezhető a tisztítás.

A géles kezelés, illetve gélekkel történő szennyeződés-, bevonat- és ragasztóanyag-eltávolítás a választható eljárások közül csak egy alternatíva, és mint minden más módszerre, a géles rendszerekre is igaz, hogy előnyeik bizonyos esetekben érvényesülnek, ugyanakkor nem minden műtárgy kezelésénél vezetnek eredményre. Tehát a módszer megválasztása mindig a konkrét műtárgytól, az adott problémától és a kezelést végző restaurátor ítéldőképességétől függ.

29 Poli(vinil-alkohol) hidrogél.

30 Poli(hidroxietil-metakrilát)/poli(vinil-pirrolidon) hidrogél.

31 Az organogélekben a folyadékfázis szerves oldószer.

Irodalom

- Anzani, M. – Berzioli, M. – Cagna, M. – Campani, E. – Casoli, A. – Cremonesi, P. – Fratelli, M. – Rabbolini, A. – Riggiardi, D. 2008. Use of Rigid Agar Gels for Cleaning Plaster Objects. In: *Quaderni del Cesmar* 7, Quaderno N. 6, Il Prato, Padova.
- Cremonesi, P. 2016. Surface cleaning? Yes, freshly grated Agar gel, please. *Studies in Conservation* Vol. 61. Nr. 6. 362–367, <https://doi.org/10.1179/2047058415Y.0000000026>
- Cremonesi, P. – Casoli, A. 2017. Thermoreversible rigid agar hydrogels: their properties and action in cleaning. In: *Gels in the conservation of art*. London.
- Csetneki I. 2006. *Kolloid polimer gélek szerkezetének és tulajdonságainak kapcsolata. Szabályozható permeabilitású membrán kontrollálható nyitó-záró mechanizmussal*. PhD-disszertáció (BME). Budapest.
- Gáspár A. 2000. *Kapilláris zónaelektroforézis*. Debrecen.
- Giordano, A. – Cremonesi, P. 2020. New methods of applying rigid agar gels: from tiny to large-scale surface areas. *Studies in Conservation* Vol. 66. Nr. 8. 437–448. <https://doi.org/10.1080/00393630.2020.1848272>
- Keynan, D. – Hughes, A. 2013. Testing the waters. New technical applications for the cleaning of acrylic paint films and paper supports. *The Book and Paper Group Annual* 32, 43–51.
- Markevičius, T. – Syversen, T. – Chan, E. – Olsson, N. – Skovhilby, C. – Šimaitė, R. 2017. Cold, warm, warmer: Use of precision heat transfer in the optimization of hydrolytic enzyme and hydrogel cleaning systems. In: Angelova, L. – Ormsby, B. – Townsend, J. H. – Wolbers, R. (eds.): *Gels in the Conservation of Art*. London, 67–72.
- Scharffenberg, K. S. 2014. *Investigations of tide-lines on Edward Munch's painting. The source*. Project Based Masters Dissertation (Conservation Studies. University of Oslo), <https://core.ac.uk/download/pdf/30901939.pdf>
- Tímárné Balázs Á. 1992. Múzeumi textíliák mosása. *Műtárgyvédelem* 21, 153–192.
- Tímárné Balázs Á. 1993. *Műtárgyak szerves anyagainak felépítése és lebomlása*. Budapest.
- Van Dyck, Y. 2004. Practical applications of protease enzymes in paper conservation. *The Book and Paper Group Annual* 23, 93–107.
- Wolbers, R. 2017. Gels in the conservation of art. Terminology and properties of selected gels. In: Angelova, L. – Ormsby, B. – Townsend, J. H. – Wolbers, R. (eds.): *Gels in the Conservation of Art*. London, 381–394.
- Wolbers, R. – Stavroudis, C. 2012. Aqueous methods for the cleaning of paintings. In: *Conservation of easel paintings*. 500–504.

Agar gel applications in painting conservation

The afterlife of an MA thesis

Nóra Somodi

102

In recent decades, gel technology has become invaluable in restoration. Since the late 1980s, gels have been successfully employed in art conservation to regulate the interaction between liquid cleaning agents and surfaces. The risks associated with the direct application of pure organic solvents or aqueous solutions – such as the unintended swelling of the binding media and diffusion into underlying layers – are significantly mitigated when these liquids are applied in gel form.

The thesis titled *Using Polysaccharide Rigid Gels for the Cleaning and Varnish Removal Treatment of Paintings*, completed during the 2018/2019 academic year at the Hungarian University of Fine Arts' Conservation Department, primarily focuses on agar gels. This research evaluates the efficacy of agar as a conservation tool, highlighting its environmental benefits and the reduced exposure to volatile compounds during work. After graduation, the author has continued to employ agar gels, gaining extensive experience in treating oil and acrylic paint films on canvas. Agar gels have consistently proven to be an effective, safe, and eco-friendly solution in numerous cases.

In certain scenarios, agar gels exhibit a poulticing effect, absorbing some of the solubilised or softened materials. This process can be complemented with further cleaning using cotton swabs and milder solvents, if necessary. The use of gels allows for safer execution of structural interventions, such as the removal of film-forming materials or adhesives, and cleaning procedures. Gels are particularly beneficial for cleaning surfaces sensitive to abrasion.

This paper presents three case studies showcasing different aqueous cleaning systems based on agar gels, demonstrating the advantages cited in literature. It also explores the potential of these systems in removing aged varnish layers from oil paint surfaces when combined with organic solvents. However, it is essential to acknowledge the uniqueness of each case, necessitating individual evaluation. The choice of gel and cleaning procedure depends on the fragility of the surface and the cohesion between the support and paint layers. Utilising semi-solid or preformed rigid gels allows for controlled, monitored, and, if necessary, halted progress.

Szerző / Author

Somodi Nóra

Festőrestaurátor-művész / Painting Conservator MA

Egyéni vállalkozó / Freelancer

noora.somodi@gmail.com