AUNC
Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo **XLVIII**
Toruń 2017

Zastosowanie żeli gellan do konserwacji zabytków papierowych wrażliwych na działanie wody: badania i praktyka

JOLANTA CZUCZKO
Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, Wydział Sztuk Pięknych, UMK w Toruniu
jolaczu@umk.pl

ALEKSANDRA CYBUL
Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, Wydział Sztuk Pięknych, UMK w Toruniu

DOMINIKA WOJCIECHOWSKA
Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, Wydział Sztuk Pięknych, UMK w Toruniu

Keywords: gellan gels, conservation of water-sensitive objects, consolidation/securing of medium layers

Słowa kluczowe: żele gellan, konserwacja obiektów wrażliwych na działanie wody, konsolidacja/zabezpieczanie warstw medium

Abstract

The use of gellan gels in conservation of historic paper objects sensitive to water: research and practice

Within the broad range of historic objects on paper substrates exists a large group of objects generally described as water-sensitive. In the vast majority of cases, it is caused by the character of the medium layers: painting, writing, drawing or even graphic, which exhibit the tendency to become soluble in an aqueous environment. This property is a serious impediment to performing safe aqueous conservation pro-

cesses that are oftentimes necessary to clean, stabilize and strengthen the original structure.

Widely described in literature, as well as self-performed preliminary research concerning the properties of gellan gels allowed to point them out as a promising method, also in respect of historic objects with problematic medium layers. Analyses carried out on historic samples have shown that the gels caused significantly less bleeding of sensitive medium layers in comparison to traditionally used aqueous baths, although in many cases the bleeding was still substantial. In further research, the model of action was broadened by introducing medium layer consolidation/securing, carried out prior to the application of the gels. The tested substances commonly used for this purpose exhibited varying usefulness, largely depending on the specifics of particular medium layers. This suggests it is necessary to continue the research and to individually choose the methodology of treatment in accordance with the requirements of objects.

The analysis of the results and the gathered experience allowed to create and apply the model of using gellan gel sheets in the conservation of a series of 19th century graphic prints and gouache projects. In both cases the particularly sensitive medium layers were first consolidated/secured and the application of gels itself was modified with additional processes, depending on the needs, including the use of enzymes and chemical gels.

Abstrakt

W szerokim obszarze zabytków wykonanych na podłożach papierowych istnieje liczna grupa obiektów ogólnie określanych jako wrażliwe na działanie wody. W zdecydowanej większości wynika to z charakteru warstw medium: malarskiego, pisarskiego, rysunkowego, a nawet graficznego, które wykazuje tendencje do rozpuszczania w środowisku wodnym. Ta właściwość stanowi ogromny problem w bezpiecznym przeprowadzaniu konserwatorskich zabiegów wodnych, niejednokrotnie koniecznych dla oczyszczenia, stabilizacji i wzmocnienia oryginalnej struktury.

Szeroko opisywane w literaturze, a także przeprowadzone we własnym zakresie badania wstępne dotyczące właściwości żeli gellan pozwoliły wskazać je jako środek dobrze rokujący również w odniesieniu do zabytków z problematycznymi warstwami medium. Badania wykonane na próbkach historycznych wykazały, że żele gellan powodują znacznie mniejsze rozmycie wrażliwych warstw medium w porównaniu z tradycyjnie stosowanymi kąpielami wodnymi, chociaż w wielu przypadkach jest ono nadal znaczące. W dalszych badaniach rozszerzono metodykę działania wprowadzając poprzedzające aplikację żelu zabiegi konsolidacji/zabezpieczenia warstwy medium. Przetestowane, powszechnie stosowane w tym celu preparaty wykazały zróżnicowaną przydatność, w dużym stopniu zależną od specyfiki danej warstwy medium. Wskazuje to na konieczność dalszych badań oraz indywidualnego doboru metodyki postępowania z poszczególnymi zabytkami.

Analiza wyników oraz zdobyte doświadczenie pozwoliły na opracowanie i praktyczne zastosowanie metody wykorzystania arkuszy żeli gellan w działaniach konserwatorskich dotyczących cyklu dziewiętnastowiecznych grafik oraz gwaszowych projektów.

Oba zespoły prac poddano wcześniejszym zabiegom konsolidacji/zabezpieczania szczególnie wrażliwych warstw medium, a proces aplikacji żeli modyfikowano dodatkowymi działaniami, zależnie od potrzeby obejmującymi enzymy i żele chemiczne.

Wprowadzenie

Trudno przecenić znaczenie wody dla obiektów zabytkowych wykonanych z papieru lub elementów papierowych. Jej obecność odgrywa istotną rolę na każdym etapie, poczynając od wytwarzania produktu, przez jego przekształcanie oraz różne formy wykorzystania. Woda ma decydujący wpływ na jakość parametrów otoczenia, od których zależy stan zachowania zabytków papierowych. Wypadki losowe, katastrofy takie jak powodzie, zalania, łączące się z niszczycielską naturą wody, mogą spowodować ich rozległe uszkodzenia[1]. Szczególnie dotkliwe są skutki niekontrolowanego nadmiaru wody dla obiektów mających warstwy łatwo ulegające rozmyciu lub całkowitemu wypłukaniu, ogólnie określane jako wrażliwe na działanie wody. Należy do nich szeroka i zróżnicowana typologicznie grupa zabytków: akwarele, gwasze, pastele, rysunki, zapiski tuszami anilinowymi, szkice długopisem i flamastrem, rękopisy oraz wiele, wiele innych niekiedy unikatowych, bezcennych dzieł sztuki, pamiątek, dokumentów dziedzictwa kulturowego. Równocześnie woda jest nieodzowną składową wielu zabiegów konserwatorskich mających na celu polepszenie kondycji zbytku: usunięcie szkodliwych substancji obecnych w strukturze obiektu, zniwelowanie deformacji, rozklejenie wtórnych spoin klejowych, kompleksowanie atramentów itp. Bywa także niezbędna do wykonania efektywnych zabiegów stabilizujących strukturę i podwyższających trwałość oryginalnej materii[2].

W rezultacie przeprowadzenie skutecznych, a zarazem bezpiecznych procesów z wykorzystaniem wody wymaga ustalenia swoistej równowagi między korzystnym a szkodliwym jej oddziaływaniem na zabytek. W praktyce takie możliwości daje zastosowanie odpowiedniej metodyki, która pozwala

[1] Wpływ wody na papier szczegółowo opisują Gerard Banik i Irene Brückle, *Paper and Water: A Guide for a Conservators* (Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York: Butterworth-Heinemann, 2011).

[2] Vincent Daniels i Joanna Kosek, „Studies on the Washing of Paper. Part 1: The Influence of Wetting on the Washing Rate", *Restaurator* 25 (2004): 81–93; Vincent Daniels i Joanna Kosek, „Studies on the Washing of Paper. Part 2: A Comparison of Different Washing Techniques used on an Artificially Discoloured, Sized Paper", *Restaurator* 25 (2004): 260–266; Yuki Uchida, Masamitsu Inaba i Takayashy Kijima, „Evaluation of Aqueous Washing Methods of Paper by the Measurement of Organic Acid Extraction", *Restaurator* 28 (2007): 169–184.

z jednej strony w jak największym stopniu kontrolować wodę wprowadzaną w strukturę zabytku, a z drugiej stabilizować warstwy medium zwiększając ich odporność na ten rozpuszczalnik.

Żele gellan jako narzędzie zwiększające kontrolę wody wprowadzanej do obiektu zabytkowego

Obecnie w pracowniach konserwatorskich stosuje się wiele metod pozwalających w różnym stopniu kontrolować ilość oraz formę wprowadzanej do zabytku wody, a nawet wpływać na sposób jej rozprzestrzeniania się w strukturze papieru. Są wśród nich zarówno techniki stosunkowo proste, tradycyjne – zazwyczaj niewymagające specjalistycznych produktów ani aparatury, jak i bardziej złożone – wykorzystujące nowoczesne materiały. Obok nawilżonych bibuł filtracyjnych, spryskiwaczy używane są maty kapilarne, Gore-tex, Paraprint[3] oraz skalpele parowe, nebulizatory pneumatyczne i ultradźwiękowe oraz stoły niskociśnieniowe.

Coraz częściej, szczególnie do lokalnych interwencji, używa się różnego rodzaju substancji wykazujących właściwości żelujące już w niskich stężeniach i w temperaturze pokojowej. Żele bądź – jeśli ośrodkiem dyspergującym jest woda – hydrożele dzięki zwartej, zorganizowanej strukturze pozwalają ograniczać miejsce aplikacji, emulgować zanieczyszczenia, a następnie sprawnie usuwać je. Do najpowszechniej wykorzystywanych należy grupa żeli określanych jako chemiczne (miękkie) – pochodne celulozy: karboksymetyloceluloza, metyloceluloza oraz Laponit, Carbopol[4].

W ostatnich dwóch dekadach lat coraz większą popularność zdobywają żele o charakterze fizycznym, tzw. sztywne. Obok znanego agaru[5], w opinii wykonawców licznych zagranicznych badań i realizacji konserwatorskich co-

[3] Hilde Schalkx et al., „Aqueous Treatment of Water-Sensitive Paper Objects Capillary Unit, Blotter Wash or Paraprint Wash?", *Journal of Paper Conservation IADA Reports* 12, no 1 (2011): 11–20.

[4] Żele chemiczne, określane też miękkimi, powstają na skutek tworzenia się wiązań kowalencyjnych. Ich przydatność do celów konserwatorskich badała Dorota Okrągła, „Zastosowanie żeli do oczyszczania papieru i skóry" (praca magisterska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, 1994).

[5] Przykłady zastosowania żeli agarowych do celów konserwatorskich zob. Jeffrey Warda et al., „Analysis of Agarose, Carbopol, and Laponite Gel Poultices in Paper Conservation", *Journal of the American Institute for Conservation* 46, no. 3 (Fall–Winter, 2007): 263–279; Amy Hughes i Michelle Sullivan, „Targeted Cleaning of Works on Paper: Rigid Polysaccharide Gels and Conductivity in Aqueous Solutions", *The Book and Paper Group Annual* 35 (2016): 30–41.

raz większe uznanie znajduje żel gellan, nazywany też gumą gellan[6]. W polskojęzycznej literaturze konserwatorskiej produkt ten nie jest szeroko opisywany, warto więc podać kilka podstawowych informacji.

Guma gellan jest zdeacylowaną formą polisacharydu wytwarzanego przez bakterie *Auromonas elodea*, *Pseudomonas elodea* i *Sphingomonas elodea*. Składa się z powtarzanych tetrasacharydowych cząsteczek glukozy, kwasu glukuronowego oraz ramnozy w proporcji 2:1:1 [→3)-β-D-glukoza-(→1-4)-β-D--glukuronowy kwas-(→1-4)-β-D-glukoza-→1-4)-α-L-ramnoza-(1→][7].

Żele gellan mogą tworzyć termoodwracalne układy, ich właściwości są uzależnione od stopnia acylacji oraz obecności odpowiednich kationów. Dlatego hydrokoloid ten występuje w postaci niskoacylowej gumy gellanowej (ggLA) bądź wysokoacylowej gumy gellanowej (ggHA)[8].

Wysokoacylowe formy gumy gellan tworzą miękkie i elastyczne, transparentne żele. Niskoacylowa forma, przy dodaniu kationów Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, H^{+}, daje żele twarde, nieelastyczne, kruche. Siła żelu, a także temperatura jego topnienia, jest uzależniona od stężenia dodanych jonów. Guma gellan ma zdolność zarówno fizycznej, jak i chemicznej żelatyfikacji[9].

W sprzedaży żele gellan występują w postaci suchego proszku i są dostępne pod różnymi nazwami handlowymi. Obecnie firma Sigma-Aldrich® oferuje dwa produkty tworzące żele sztywne: Gelzan™ CM oraz Phytagel™. Mają one identyczny numer CAS[10]: 71010-52-1, odpowiadający gumie gellan[11], różni je cena (Phytagel™ jest tańszy)[12]. Firma CP Kelco A Hubner Company oferuje żel gellan pod nazwą Kelcogel Gellan Gum[13].

---

6 Vivian Yip, „The Conservation of Two Contemporary Chinese Woodblock Prints using Gellan Gum", *News in Conservation* 2015, Dostęp 15 marca 2017, https://www.iiconservation.org/system/files/publications/journal/2015/b2015_3.pdf.

7 W przemyśle farmaceutycznym naukowcy badają zastosowanie gumy gellan w postaci nanohydrożelu: Vijay K. Thakur i Manju K. Thakur, *Handbook of Polymers for Pharmaceutical Technologies. Vol. 3. Biodegradable Polymers* (New Jersey: Wiley, 2015), 507–508.

8 Magdalena Orczykowska, Paweł Budzyński i Marek Dziubiński, „Wpływ gumy gellan na właściwości reologiczne roztworów skrobi o różnym pochodzeniu botanicznym", *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 50, nr 1 (2011): 31, Dostęp 10 listopada 2015, http://inzynieria-aparatura-chemiczna.pl/pdf/2011/2011-1/InzApChem_2011_1_31-32.pdf

9 Thakur i Thakur, *Handbook of Polymers*, 507–508.

10 Numer CAS to oznaczenie numeryczne przypisane przez amerykańską organizację Chemical Abstract Service każdej substancji chemicznej, pozwalające na jej identyfikację.

11 Informacja z jednej z internetowych baz danych substancji chemicznych, Dostęp 3 stycznia 2016, http://www.chemicalbook.com/ProdSupplierGNCB7318500_EN.htm.

12 Karta specyfikacji produktu Phytagel ®, Dostęp 22 września 2015, http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/docs/Sigma/Product_Information_Sheet/1/p8169pis.pdf.

13 CP Kelco A Hubner Company, Kelcogel Gellan Gum, Dostęp 20 lutego 2017, https://www.cpkelco.com/markets-served/household-products/products/kelcogel-gellan-gum/.

Przygotowanie żelu do użycia jest nieskomplikowanym procesem, możliwym do wykonania w większości pracowni konserwatorskich (fot. 1)[14]. Sztywne żele powstają w wyniku usieciowania polimeru, które następuje podczas schładzania gorącego roztworu wodnego tego polimeru z dodatkiem soli[15]. Struktura ta stabilizowana jest przez wybrane kationy (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, H^{+}). Ze względu na wymagane pH żelu oraz rozpuszczalność danego związku, we wszelkich publikacjach dotyczących przygotowania gumy gellan zalecane jest użycie octanu wapnia $Ca(CH_3COO)_2$ w stężeniu 0,4g/l. W konserwacji zalecane jest używanie roztworów 1–4-procentowych. Do papierów dobrze absorbujących wodę wskazane są mocniejsze stężenia: 2–4%, natomiast do papierów o wyższej hydrofobowości: 1–2%. Istotne jest także uprzednie zrelaksowanie papieru[16].

Najczęściej gumę gellan stosuje się w postaci dowolnego kształtu arkuszy o grubości 1–3 cm. Po przygotowaniu można je przez 1–2 tygodnie przechowywać w chłodziarce szczelnie zabezpieczone folią spożywczą[17].

Żele gellan rekomendowane są jako bezpieczny, skuteczny i ekologiczny środek nie tylko do oczyszczania obiektów, ale także do kompleksowych działań konserwatorskich[18]. Dzięki zwartej i porowatej strukturze pozwalają

[14] W celu przygotowania żelu należy rozpuścić octan wapnia w wodzie filtrowanej (0,4g na 1 litr wody filtrowanej), a następnie wsypać stopniowo odpowiednią ilość sproszkowanego GelzanTM CM Gelrite®, wymieszać i wstawić do kuchenki mikrofalowej nastawionej na najniższą moc, podgrzewając do momentu zagotowania ok. 80–90°C. Gorący żel można przelać na tackę z melaminy i zostawić do stężenia. Po wystygnięciu arkusz żelu dociąć do wymaganego formatu – dokładną procedurę przygotowania żeli zob. Jolanta Czuczko i Aleksandra Cybul, „Żele gellan jako alternatywa w oczyszczaniu obiektów zabytkowych wykonanych na podłożach papierowych", w *Problemy muzeów związane z zachowaniem i konserwacją zbiorów. VII Międzynarodowa Konferencja Konserwatorska Szreniawa, 12–14 października 2016*, red. Paulina Kryg i Lidia Staniek (Szreniawa: Muzeum Narodowe Rolnictwa i Przemysłu Rolno-Spożywczego w Szreniawie, 2017), 86–88.

[15] Schemat sieciowania gumy gellan w obecności jonów zob. Miyoshi Emako, *Our Recent Findings on the Functionel Properties of Gellan Gum* (Osaka: OUKA, 2009), 40 Fig. 9, Dostęp 10 listopada 2015, http://ir.library.osaka-u.ac.jp/dspace/bitstream/11094/6362/1/hs35-023.pdf.

[16] Lotta Möller, "Cleaning of Watercolour Drawings. A Study of the use of Gellan Gum Gel on Water Sensitive Media" (rozprawa doktorska, Göteborgs Universitet, 2014), 8, Dostęp 20 listopada 2016, https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/36483.

[17] Simonetta Iannuccelli i Silvia Sotgiu, "Wet Treatments of Works of Art on Paper with Rigid Gellan Gels", *The Book and Paper Group Annual* 29 (2010): 32.

[18] Np. w połączeniu z procesami bielenia: Iannuccelli i Stogiu, "Wet Treatments", 34–36, oraz w celu obniżenia stopnia zakwaszenia papieru: Claudia Mazzuca et al., „Gellan Hydrogel as a Powerful Tool in Paper Cleaning Process: A Detailed Study", *Colloid and Interface Science* 416 (2014): 205–211.

na kontrolowane i stopniowe uwalnianie wody do papieru[19]. Zredukowane jest przy tym ryzyko pozostawiania resztek żelu w strukturze papieru oraz jego zmian morfologicznych. Arkusz gumy jest transparentny, co daje wgląd w przebieg procesu. W każdym momencie proces można przerwać przez mechaniczne usunięcie sztywnego żelu z powierzchni obiektu[20].

Badanie wpływu zastosowania żeli gellan na media wrażliwe na działanie wody

Testy zastosowania gumy gellan do warstw szczególnie wrażliwych na działanie wody oparto na założeniu, że szczególny mechanizm ich działania w zetknięciu z powierzchnią papieru pozwoli uniknąć niepożądanych zmian oryginału. Żele sztywne stopniowo uwalniają niewielkie ilości wody, która przy bezpośrednim kontakcie jest absorbowana przez hydrofilowe papierowe podłoże, po czym rozprzestrzeniając się w strukturze zabytku rozpuszcza „zanieczyszczenia", a następnie, dążąc do utrzymania tzw. gradientu stężeń, dzięki dysocjacji transportuje zanieczyszczenia w strukturę żelu[21]. Dla powodzenia zabiegu istotny jest ów uprzywilejowany kierunek transportu: obiekt–żel. W założeniu właściwości te powinny znacznie ograniczyć tendencje nawet wrażliwych mediów do rozpływania się w płaszczyźnie papieru, czyli tzw. krwawienia.

Temat wykorzystania żeli z gumy gellan do oczyszczania obiektów z mediami wrażliwymi na działanie wody podjęła w 2014 roku Lotta Möller z De-

[19] Ilość wody przetransportowanej do próbki traktowanej 1-proc. żelem gumy gellan przez 18 godzin jest mniejsza niż ilość wody zaabsorbowanej przez papier w ciągu dziesięciominutowej kąpieli wodnej: Lorena Botti et al., „Evaluation of Cleaning and Chemical Stabilization of Paper Treated with a Rigid Hydrogel of Gellan Gum by Means of Chemical and Physical Analysis", w *Preprints for ICOM-CC 16th Triennial Conference, Lisbon*, red. Janet Bridgland; Catherine Antomarchi (Almada: Critério, 2011), 1057–1058.

[20] Antonella Casoli et al., „Evaluation of the Effect of Cleaning on the Morphological Properties of Ancient Paper Surface", *Cellulose* 20, no. 3 (2013): 2027–2043; Antonella Casoli et al., „Analytical Evaluation, by GC/MS, of Gelatine Removal from Ancient Papers Induced by Wet Cleaning: A Comparison Between Immersion Treatmentand Application of Rigid Gellan Gum Gel", *Microchemical Journal* 117 (2014): 61–65; Clelia Isca, „The Use of Polysaccharide Rigid Gelsin Cleaning Treatments. Multi Analytical Approach for the Study of Their Performance, Effectiveness and Interference with Paper artworks" (rozprawa doktorska, Università Degli Studi di Parma, 2014), Dostęp 20 listopada 2016 https://core.ac.uk/download/pdf/41182365.pdf.

[21] Przejrzysty schemat mechanizmu oczyszczania papieru żelami sztywnymi zob. Botti et al., „Evaluation of Cleaning", 1057.

partamentu Konserwacji uniwersytetu w Göteborgu. Rozpatrywała ona, w ramach pracy doktorskiej, ich użyteczność dla obiektów wykonanych w technice akwareli, porównując efekty kąpieli w wodzie oraz zastosowania 2-proc. żelu gumy gellan bez obciążenia i z obciążeniem. Badania zostały przeprowadzone na próbkach modelowych papieru pomalowanych kraplakiem, błękitem pruskim oraz fioletem dioksazynowym. Próbki były zróżnicowane również pod względem obecności wypełniaczy (siarczan baru i tlenek cynku). Analiza objęła także wpływ obu metod na papiery niezaklejone i zaklejone żelatyną lub substancjami syntetycznymi. Ostatecznie nie zostało wykazane, która metoda – czy zanurzenie w wodzie, czy użycie żeli – jest bardziej inwazyjna. Autorka wnioskuje, że uzależnione jest to od wszystkich składowych próbki: rodzaju papieru, występowania i typu wypełniaczy oraz przeklejenia, a także od naniesionego pigmentu. Wyniki badań ukazały zarówno wady, jak i zalety zastosowania gumy gellan w obiektach z mediami wrażliwymi na wodę. Najmniejsze zmiany morfologiczne oraz nieznacznie zmniejszoną migrację pigmentów obserwowano w próbkach, na które oddziaływano 2-proc. gumą gellan bez obciążenia. Zastosowanie obciążenia żelu spowodowało największe zmiany w strukturze próbek oraz najsilniejszą migrację pigmentów. Zmiany kolorystyczne pigmentów występowały niezależnie od zastosowanej metody. Autorka zaznaczyła, że planuje dalsze zgłębianie tej problematyki[22].

Badania przeprowadzone w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry UMK w Toruniu w ramach części pracy magisterskiej są w dużej mierze rozwinięciem testów Lotty Möller[23]. Do analiz wytypowano jednak szczególnie podatne na rozpływanie się pod wpływem wody media pisarskie[24]. Pierwszym krokiem, pozwalającym na wytyczenie kierunku badań, były obserwacje na próbkach historycznych. Spośród dostępnych materiałów wyselekcjonowano próbki ze zróżnicowanymi mediami pisarskimi: atramentem metalo-garbnikowym, pieczątkami tuszowymi o barwie fioletowej i czerwonej, czerwonym flamastrem, niebieskim tuszem z długopisu, czarnym tuszem z cienkopisu oraz z niebieską kredką anilinową. Przygotowano po cztery próbki każdego typu i poddano je zaplanowanym zabiegom: kąpieli statycznej w wodzie

[22] Möller, "Cleaning of Watercolour", 45–48, Dostęp 20 listopada 2016, https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/36483.

[23] Aleksandra Cybul, „Wykorzystanie gumy gellan w oczyszczaniu zabytków na podłożu papierowym" (praca magisterska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, 2016).

[24] Kamil Królikowski, „Dziewiętnastowieczne materiały pisarskie i pieczątki oraz ich trwałość w procesach konserwatorskich" (praca magisterska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, 2006).

oraz działaniu gumy gellan o stężeniach: 1%, 2% i 4%. Każdy zabieg trwał 30 minut[25]. Żel pocięto na kostki o wymiarach 0,8 cm x 1,5 cm x 1,5 cm, a po ułożeniu na próbce lekko obciążono szkiełkiem mikroskopowym. Porównano zmiany wizualne w badanych próbkach spowodowane różnymi zabiegami. Ze względu na niewielki i nieregularny obszar mediów pisarskich zrezygnowano z dokonywania pomiarów kolorymetrycznych. Zmiany udokumentowano wykonując fotografie stereoskopowe w dwudziestokrotnym powiększeniu w świetle odbitym rozproszonym (tablica 1) .

Obserwacje wykazały, że każda analizowana metoda powodowała naruszenie warstw pisarskich wrażliwych na działanie wody, przy czym zauważalna była różnica w stopniu uszkodzenia tych materiałów. Woda zarówno w stanie wolnym (kąpiele w zanurzeniu), jak i w żelach uruchamia i transportuje substancje barwne w strukturze papieru. Jednak zabiegi z wykorzystaniem żeli powodują mniejszą migrację składników barwnych niż kąpiele w wodzie. Im wyższe stężenie gumy gellan, tym uszkodzenie tych materiałów jest mniejsze.

Wprowadzenie procesów konsolidacji/zabezpieczenia warstw wrażliwych na działanie wody

Rezultaty testów potwierdzając, że niektóre bardzo wrażliwe media barwne nie są odporne nawet na niewielkie ilości wody wprowadzone w strukturę zabytku, skłoniły autorki badań do rozbudowania modelu postępowania o dodatkowe czynności, mające na celu ustabilizowanie problematycznej warstwy. W protokole działań konserwatora papieru w szczególnych przypadkach stosowane są zabiegi ogólnie określane jako zabezpieczanie warstwy barwnej. Służą one ochronie warstwy medium w czasie wodnego zabiegu najczęściej przez jej hydrofobizację w efekcie tworzenia wodoodpornych błon lub powstawania wodoodpornych kompleksów barwnika z substancją zabezpieczającą[26].

Niestety, w większości przypadków całkowicie skuteczne zabezpieczenie wrażliwej warstwy wiąże się z wprowadzeniem w jej strukturę sporej ilości preparatu, a praktycznie impregnacją, to zaś powoduje znaczne zmiany jej

[25] Żele gellan przygotowano wg receptury podanej w przypisie 14.

[26] Bohuslava Havlinowa et al., „Influence of Fixatives and Deacidification on the Stability of Arylmethane Dyes on Paper during the Course of Accelerated Aging", *Restaurator* 26 (2005): 2.

właściwości zarówno optycznych, jak i fizycznych. Taki skutek zdecydowanie wyklucza pozostawienie preparatu w obiekcie, konieczne jest jego usunięcie po zakończeniu procesów mokrych. Jednak ekstrakcja preparatu zabezpieczającego często nie jest niemożliwa i może mieć niekorzystny wpływ na całość zabytku. Silne różnice stopnia zwilżalności poszczególnych obszarów oryginału mogą prowadzić do niepożądanych zacieków, zróżnicowań barwnych, a nawet uszkodzeń mechanicznych w trakcie kąpieli wodnych.

Jednocześnie wiele preparatów wykorzystywanych do zabezpieczania warstw barwnych w niższych stężeniach z powodzeniem stosuje się jako konsolidanty. W konsekwencji niejednokrotnie w literaturze przedmiotu i dokumentacjach konserwatorskich terminy „konsolidacja", „utrwalanie", „zabezpieczanie", „stabilizacja" warstw medium przenikają się, bywają traktowane jako równoznaczne. Dla usystematyzowania terminologii warto jako wyznacznik uwzględnić nadrzędny cel zabiegu: dąży się do konsolidacji/stabilizacji – jeśli występuje konieczność podwyższenia kohezji i adhezji uszkodzonej warstwy, a do utrwalenia/zabezpieczenia – gdy niezbędna jest ochrona warstwy medium na czas zabiegów konserwatorskich. Należy jednak zaznaczyć, że prawie zawsze przeprowadzenie konsolidacji warstwy w pewnym stopniu wiąże się z podniesieniem jej odporności na działanie wody. Gama preparatów i sposobów służących do skutecznego wykonania tych zabiegów nieustanie jest poszerzana i wzbogacana o nowe materiały oraz ich kombinacje; to obszerne i złożone zagadnienie jest omawiane w licznych publikacjach[27]. Z całą pewnością nie istnieją uniwersalne rozwiązania, odpowiednie dla każdego przypadku. Przydatność danego sposobu zależy od bardzo wielu czynników, nie tylko od rodzaju środka – istotny jest również rozpuszczalnik, technika aplikacji, paramenty procesu (stężenie, pH, temperatura RH) oraz specyfika i stan zachowania zabytku.

Wśród środków przeznaczonych do zabezpieczenia warstw barwnych na czas zabiegów wodnych warto wyróżnić coraz chętniej stosowany cykolo-

[27] Szerzej Atoinette Dwan, „Temporary Masks for Aqueous Paper Treatments", *AIC Book and Paper Annual* 17 (1999): 53–54; Agnes Blüher, Anna Haberditzl i Tanja Wimmer, „Aqueous Conservation Treatment of 20th Century Papers Containing Water-Sensitive Inks and Dyes", *Restaurator* 20 (1999): 181–197; Sandra Grantham i Alan Cummings, "Painted Japanese Paper Screens: The Consolidation of Paint Layers on a Paper Substrate" w: *The Broad Spectrum: Studies in the Materials, Techniques, and Conservation of Color on Paper*, red. H. K. Stratis i B. Salvesen (London: Archetype Publications, 2002), 198–206; Joseph Swider i Martha Smith, "Funori – Overview of a 300-Year-Old Consolidant", *Journal of the Institute of Conservation* 44 (2005): 117–126.

dodekan, zarówno w postaci topniny, jak i w sprayu oraz w roztworach rozpuszczalników organicznych[28]. Jego dużym atutem jest możliwość sublimacji, co rozwiązuje problem usuwania preparatu ze struktury oryginału, jednak nie zawsze w pełni skutecznie chroni on warstwę medium przed rozmyciem. Do tej grupy zalicza się również fiksatywy kationowe: Rewin EL, anionowe: Mesitol NBS oraz uniwersalne, będące mieszaniną ich obu w wodzie. Utrwalają one głównie barwniki będące składowymi problematycznych warstw medium[29]. Ich wadą jest trudny do przewidzenia zakres skuteczności oraz konieczność dokładnego wypłukania pozostałości preparatu[30].

Do najbardziej obecnie polecanych konsolidantów warstw barwnych zaliczyć można naturalne spoiwa, takie jak karuk i funori[31]. Cenione są głównie za matowe wykończenie powierzchni, elastyczność, dobre właściwości optyczne i stabilność chemiczną. Jednakże podstawowym rozrusznikiem tych środków jest woda, co ogranicza ich efektywność w zakresie zabezpieczania na czas prowadzenia prac konserwatorskich. Z kolei preparaty syntetyczne: żywice akrylowe, takie jak Paraloid B 72, Plexigum PQ 610 oraz Aquazoli[32], wprawdzie można rozpuszczać w rozpuszczalnikach organicznych, jednakże w zbyt wysokich stężeniach mogą się one przyczyniać do wyraźnych zmian właściwości optycznych i powstawania lokalnych wybłyszczeń. Jeśli chodzi

[28] Kimberly Nichols i Rachel Mustalish, „Cyclododecane in Paper Conservation Discussion", *Book and Paper Group annual AIC* 21 (2002): 81–84; Sophie Rowe i Christina Rozeik, „The Use of Cyclododecane in Conservation", *Reviews in Conservation* 9 (2008): 17–31. Cyklododekan w połączeniu z innymi preparatami: Salvador Muñoz-Viñas, „A Dual-Layer Technique for the Application of a Fixative on Water-Sensitive Media on Paper", *Restaurator* 28 (2007): 78–94.

[29] Stephanie Porto i Aaron Shugar, „The Effectiveness of Two Cationic Fixatives in Stabilizing Water-Sensitive Dye-Based Inks on Paper", *The Book and Paper Group Annual* 27 (2008): 63–70.

[30] Julia Roller et al., „Aqueous Washing Treatment Aids: How to Remove Ionic Fixatives from Paper", *Restaurator* 36 (2015): 307–331. Media szczególnie nieodporne na zabiegi wodne wymagają dodatkowych zabezpieczeń: Nel Jastrzębiowska i Mirosław Maciaszczyk, „Konservierung der Dokumente aus dem Bestand des SS-Hygiene-Institutes im Museum Auschwitz-Birkenau", *Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren* 19 (2010): 27–30.

[31] Thomas Geiger i Françoise Michel, "Studies on the Polysaccharide JunFunori used to Consolidate Matt Paint", *Studies in Conservation* 50 (2005): 193–204.

[32] Julie Arslanoglu i Carolyn Tallent, „Evaluation of the Use of Aquazol as an Adhesive in Paintings Conservation", *Western Association for Art Conservation Newsletter* 25, no. 2 (2003): 12–18; Julie Arslanoglu, „Aquazol as Used in Conservation Practice", *Western Association for Art Conservation Newsletter* 26, no. 1 (2004): 10–15; Bettina Ebert, Brian Singer i Nicky Grimaldi, "Aquazol as a Consolidant for Matte Paint on Vietnamese Paintings", *Journal of the Institute of Conservation* 35 (2012): 62–76.

o stabilizację struktury – również osłabionych warstw barwnych – cenne są pochodne celulozy, głównie metyloceluloza oraz hydroksypropyloceluloza[33], ze względu na ich kompatybilność z podłożem papierowym, stabilność chemiczną, możliwość tworzenia matowych i elastycznych powłok oraz (w przypadku tej drugiej) dobra rozpuszczalność w alkoholach.

Plan poprzedzenia oczyszczania żelami gellan procesem konsolidacji wrażliwej warstwy medium opiera się na założeniu, że przenikająca do obiektu minimalna i kontrolowana ilość wody z żelu wymagać będzie jedynie częściowego zabezpieczenia, ograniczonego w pewnym stopniu do zabiegu stabilizacji. Dodatkowo, jak pokazuje praktyka konserwatorska, nierzadko zachodzi potrzeba wzmocnienia spójności i adhezji do podłoża warstwy medium: malarskiej, rysunkowej, piśmiennej, graficznej, szczególnie w uszkodzonych obszarach wymagających zabiegów wodnych. Ta korelacja wskazuje na zasadność połączenia zabiegu konsolidacji warstwy medium z przeprowadzeniem procesów mokrych opartych na wykorzystaniu wody w sposób kontrolowany, co zapewniają sztywne żele.

Badanie skuteczności zabezpieczenia/konsolidacji na próbkach modelowych

Zdecydowano się na wykonanie badań na specjalnie przygotowanych zestawach próbek modelowych[34]. Przygotowano po cztery próbki charakteryzujące się identycznymi cechami. Trzy próbki poddano zabiegom, natomiast próbka czwarta stanowiła próbę kontrolną. W sumie przygotowano 240 próbek; taka ich liczba pozwala na wykluczenie przypadkowości procesów i zaobserwowanie konkretnych prawidłowości. Próbki zróżnicowano pod względem podłoża, materiału pisarskiego, zabezpieczenia substancji wrażliwych na działanie wody oraz przeprowadzanych zabiegów. Wykorzystano dwa papiery testowe: jeden z dodatkiem ścieru drzewnego, drugi wykonany z sulfonowanej celulozy. Jako centralną część niewielkich arkusików wyznaczono kwadratowe pola o wymiarach 1 x 1 [cm], które pomalowano wytypowanymi materiałami pisarskimi: atramentem czerwonym i fioletowym oraz współczesnym czarnym

[33] Tilly Laaser, Karolina Soppa i Christoph Krekel, "The Migration of Hydroxy Propyl Cellulose During Consolidation of a Painted Wallpaper: A Case Study Using a Fluorescent – Labelled Consolidant", w *Paper Conservation Decisions & Compromisess*, ICOM-CC Graphic Documents Working Group Interim Meeting | Vienna 17–19 April 2013 red. Lieve Watteeuw, Christa Hofmann, (Wien: Österreichische Nationalbibliothek [for] ICOM-CC, 2013), 88–90.

[34] Cybul, „Wykorzystanie gumy", 100–103.

cienkopisem na bazie tuszu wodnego[35]. Atrament anilinowy czerwony na bazie fuksyny oraz fioletowy na bazie fioletu krystalicznego wykonano własnoręcznie według tradycyjnych receptur[36]. Po wyschnięciu przygotowane próbki poddano procesowi konsolidacji/zabezpieczenia nanosząc odpowiednio:

Paraloid B-72 w dowanolu: wykonano roztwory o dwóch stężeniach: 5-proc. i 10-proc., roztwory nakładano pędzlem w dwóch warstwach – najpierw roztwór 5-proc., a następnie 10-proc.;

- 1-proc. roztwór Klucelu G w etanolu: roztwór naniesiono pędzlem w jednej warstwie;
- 10-proc. roztwór cyklododekanu w toluenie: nakładano pędzlem w dwóch warstwach;
- 10-proc. roztwór Plexigum w benzynie: naniesiono pędzlem w jednej warstwie.

Zestawy próbek modelowych poddano mokrym zabiegom konserwatorskim:

A. Działaniu 2-proc. żelu gumy gellan przez 30 minut: na ułożone obok siebie próbki położono żel i obciążono szklaną szybą, arkusz żelu nakładano od rewersu próbek.
B. Kąpieli statycznej w wodzie demineralizowanej w temperaturze 20°C przez 30 minut.

Do analizy porównawczej zabiegów wykorzystano skany próbek oraz pomiary wartości kolorymetrycznych obszarów z materiałami pisarskimi. Skanowanie oraz pomiary kolorymetryczne wykonywano w każdym etapie badań: przed zabiegami, po nałożeniu środków stabilizujących materiały wrażliwe na wodę oraz po przeprowadzeniu zabiegów. Zeskanowano także żele po zabiegach do oceny migracji składników z próbek do żelu[37].

Obserwowane zmiany wizualne papierów były zbieżne z wynikami badań zmian wartości kolorymetrycznych badanych próbek. Najpierw zajęto się wpływem wyselekcjonowanych środków zabezpieczających na materiały pisarskie. Zmiany barwne próbek oceniono jedynie od awersu. Nie określono wpływu substancji zabezpieczających na przebijanie materiałów pisarskich

[35] Czarny cienkopis Rystor RC-04, Dostęp 22 lipca 2016, http://www.rystor.pl/cienkopisrc04/.

[36] L. A. Janik, *Skarbnica wiedzy: podręcznik chemiczno-techniczny do fabrykacji artykułów pierwszej potrzeby dla chemików, drogerzystów, fabrykantów i wszystkich interesujących się tanią fabrykacją: zawiera 3000 przepisów niezbędnych dla każdego domu, kupca, rzemieślnika i rolnika* (Warszawa: Bibljoteka Dzieł Naukowych, 1936), 149; B. Guthke, *Wyrób atrament*ów (tuszów, taśm *kopjowych i t.d.)* (Warszawa: Wende i S-ka, 1919), 54.

[37] Pełną dokumentację wyników badań zob. Cybul, „Wykorzystanie gumy".

na drugą stronę papieru, ponieważ tusze przebiły już podczas wykonywania próbek. Największe zmiany spowodował roztwór Paraloidu B-72 w dowanolu – pokryte nim materiały pisarskie uległy znacznemu rozmyciu, delikatnie zmniejszyła się też ich intensywność. Roztwory Klucelu G w etanolu, cyklododekanu w toluenie oraz Plexigum w benzynie lakowej nie spowodowały widocznych zmian – tusze nie rozmyły się ani nie zmieniły barwy. Jedynie pod wpływem roztworu Plexigum w benzynie lakowej wokół obszaru z materiałem pisarskim powstała otoczka o zwiększonej transparentności, przypominająca tzw. efekt halo – przyczyną był prawdopodobnie lekko tłusty charakter benzyny użytej jako rozpuszczalnik żywicy oraz/lub impregnujące właściwości Plexigum.

Kolejnych obserwacji dokonano po przeprowadzeniu zabiegów z wykorzystaniem 2-proc. gumy gellan i kąpieli wodnej (tablica 2; wykres 1). Na tej podstawie oceniono skuteczność danego środka zabezpieczającego oraz porównano działanie na próbki żelu gumy gellan oraz kąpieli w wodzie. Oba zabiegi spowodowały migrację substancji barwnych, ale niejednakową. W większości próbek poddanych kąpielom wodnym nastąpiło wyraźne rozmycie materiałów pisarskich. Zabiegi z użyciem żelu okazały się znacznie mniej inwazyjne, materiały pisarskie rozmyły się w dużo mniejszym stopniu.

Intensywność migracji zależała od rodzaju tuszu, podłoża oraz zastosowanego środka zabezpieczającego. Najbardziej odpornym materiałem pisarskim okazał się tusz na bazie fioletu metylowego, natomiast czarny tusz z cienkopisu najgwałtowniej reagował na wodę.

Papiery testowe wyselekcjonowano pod względem różnych własności. Papier z mas celulozowych charakteryzuje porowata struktura i niski stopień zaklejenia, natomiast papier ze ścierem drzewnym odznacza się gładkością i większym stopniem zaklejenia. Cechy te wpłynęły na efekt przeprowadzonych zabiegów. Dużo większą migrację substancji barwnych zaobserwowano w próbkach z papieru z mas celulozowych; na próbkach z papieru ze ścieru drzewnego materiały pisarskie były bardziej spójne. Oba zabiegi spowodowały zmiany w morfologii papierów, szczególnie papieru ze ścieru drzewnego, który utracił charakterystyczną gładkość.

Pomimo negatywnego wpływu Paraloidu B-72 w dowanolu na materiały pisarskie, zdecydowano się na dalsze jego badania. W ich wyniku ustalono, że środek ten po odparowaniu rozpuszczalnika (tj. dowanolu) zabezpieczył badane próbki w stopniu porównywalnym do innych preparatów, czyli roztworów Klucelu G w etanolu oraz cyklododekanu w toluenie. Wysoką sku-

teczność tych środków zaobserwowano w zabiegach z żelami. Tusze na bazie fuksyny oraz fioletu metylowego na papierze ze ścierem drzewnym pozostały bez widocznych zmian, natomiast na papierze z mas celulozowych były nieznacznie rozmyte. Omawiane środki nie zabezpieczyły skutecznie czarnego tuszu z cienkopisu – odnotowano jego duże rozmycie i delikatną utratę intensywności. Natomiast pod wpływem wody materiały pisarskie na wszystkich próbkach uległy silnemu rozmyciu, wyraźnie zmniejszyła się intensywność barw. Roztwór Plexigum w benzynie podczas zabiegów z żelami wykazał się dużą skutecznością zabezpieczającą. Na próbkach poddanych kąpielom wodnym, a w szczególności na próbkach z czarnym tuszem, uwypuklił się tzw. efekt halo: uruchomione i uwolnione do wody substancje barwne zabarwiły obszary papieru niezabezpieczone żywicą.

Obserwacja żeli po zabiegach wykazała, że pod wpływem 2-proc. gumy gellan nastąpiła migracja materiałów pisarskich w papierze w kierunku żelu, powodując przebicie tuszy na drugą stronę papieru, a także częściową migrację substancji barwnych w strukturę żelu. Na żelach widoczne były wyraźne plamy z materiałów pisarskich. Intensywność procesu wykazuje zależności identyczne z obserwowanymi od awersu próbek.

Na podstawie analizy wyników badań oraz doświadczenia zdobytego podczas prób modelowych opracowano model wykorzystania arkuszy żeli gellan w działaniach konserwatorskich. Model ten praktycznie zastosowano w trakcie konserwacji cyklu dziewiętnastowiecznych grafik oraz gwaszowych projektów.

Praktyczne zastosowanie żeli gellan do oczyszczania struktury papieru na przykładzie cyklu projektów do adresów jubileuszowych wykonanych w technice gwaszu

W procesie konserwacji cyklu projektów do adresów jubileuszowych największym problemem okazał się dobór odpowiedniego sposobu oczyszczenia struktury papieru, szczególnie wzdłuż bardzo zabrudzonych i zaklejonych arkuszy[38]. Wszystkie karty projektu wykonał Józef Emilian Peszke w latach 1877–1879 z okazji pięćdziesięciolecia twórczości literackiej Józefa Ignacego

[38] Prace konserwatorskie i restauratorskie stanowiły część pracy dyplomowej - zob. Dominika Wojciechowska, „Cykl projektów adresów jubileuszowych autorstwa Józefa Peszke, ze zbiorów Głównej Biblioteki Lekarskiej w Warszawie" (dokumentacja konserwatorska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, 2016).

Kraszewskiego. Charakteryzuje je bogato zdobiona forma artystyczna, typowa dla tego typu obiektów w XIX wieku[39]. Jako podłoża autor zastosował arkusze papieru maszynowego, prawdopodobnie już później wzmocnione wzdłuż krawędzi niestarannie doklejonymi paskami papieru. Wielobarwne ornamenty artysta tworzył w kilku etapach: najpierw ołówkowy szkic kompozycji, następnie wyrysowany czarnym tuszem, a później wypełniony farbami akwarelowymi i gwaszowymi oraz złoceniami. Dzięki nieniszczącym badaniom poprzedzającym prace konserwatorskie zidentyfikowano aż kilkanaście rodzajów pigmentów, w tym organicznych i nieorganicznych[40].

Ogólny stan warstwy malarskiej nie był zły, jednak nieodpowiednie (szczególnie ze względu na jej delikatny charakter) przechowywanie projektów w przeszłości sprawiło, że lokalnie – zwłaszcza w partiach opracowanych impastowo – powstały spękania i rozpoczął się proces osypywania farby. Problem stanowiły również zacieki, stare spoiny klejowe oraz zaimpregnowane brudem marginesy projektów z równoczesnym osłabieniem ich właściwości wytrzymałościowych **(fot. 2)**.

Celem prac konserwatorskich było oczyszczenie struktury papierowego podłoża projektów oraz ekstrakcja szkodliwych zanieczyszczeń bez naruszania uszkodzonej i wrażliwej na wodę warstwy malarskiej. Wstępnie podłoże delikatnie oczyszczono mechanicznie. Przed przystąpieniem do dalszych działań uznano, że konieczne jest przeprowadzenie zabiegów konsolidujących warstwy malarskie. Odpowiednie preparaty konsolidujące dobrano mając na względzie zróżnicowanie materiałowe poszczególnych farb i dodatkowo niejednolity stan ich zachowania, starając się je wzmocnić bez zmiany ich właściwości optycznych. Trudnym zadaniem był właściwy dobór rozpuszczalników, gdyż niektóre farby reagowały nie tylko na wodę, ale i na wiele innych rozpuszczalników. Ostatecznie do większości warstw malarskich użyto 4-proc. roztworu Klucelu G w izopropanolu, który delikatnie je skonsolidował. Do warstw malarskich szczególnie szybko reagujących rozmyciem pod wpływem wody wykorzystano 10-proc. roztwór Plexigum w benzynie lakowej. Środek ten, użyty na niewielkich fragmentach, przyniósł zadowala-

[39] Zofia Bandurska, *Adresy gratulacyjne i dyplomy członkowskie z lat 1836–1912 ze zbiorów Gabinetu Dokumentów Muzeum Narodowego we Wrocławiu* (Wrocław: Muzeum Narodowe, 2015), 17.

[40] Zidentyfikowano m.in.: biel cynkową, biel ołowiową, czerwień chromową, czerwień żelazową, minię, indygo, ultramarynę, azuryt, błękit miedziowy, zieleń szmaragdową, zieleń szwajnfurcką, ziemię zieloną, zieleń chromową, czerń kostną, masykot – szczegółowiej zob. Wojciechowska, „Cykl projektów" (aneks badawczy).

jące rezultaty, ale ze względu na efekt wybłyszczenia nie nadawał się do zabezpieczenia większych powierzchni malarskich nieodpornych na działanie wody. Dlatego partie te zabezpieczono cyklododekanem metodą aplikacji przez zgrzewanie i wtapianie go od strony recto i verso.

Następnie projekty poddano oczyszczaniu z wykorzystaniem 3-proc. sztywnych żeli GelzanTM CM Gelrite®. Na przygotowanym arkuszu żelu delikatnie układano nawilżony projekt stroną verso do dołu, aby uniknąć bezpośredniego kontaktu warstwy malarskiej z powierzchnią gumy **(fot. 3)**. Ze względu na charakter i technikę wykonania obiektów zdecydowano się ich nie obciążać. Jednocześnie w celu przyspieszenia i zwiększenia efektywności procesu w partiach szczególnie zabrudzonych, a niepokrytych warstwą malarską dodatkowo nanoszono 1-proc. roztwór metylocelulozy. Każdy projekt pozostawiono na żelu przez około 30 minut, po czym suszono między gładkimi włókninami Hollytex w prasie pod obciążeniem.

Metoda ta przyniosła subtelne, ale zadowalające efekty **(fot. 4)**. Żel gellan stopniowo zaabsorbował większość zabrudzeń znajdujących się w strukturze oryginalnego podłoża, osłabił granice zacieków i zaplamień wyrównując jego koloryt. Dzięki połączeniu tej metody oczyszczania z aplikacją 1-proc. roztworu metylocelulozy papier marginesów projektów został oczyszczony przy jednoczesnym wzmocnieniu. Ponadto zwilżenie projektów od strony verso pozwoliło na oczyszczenie papieru bez zmiany skonsolidowanych/zabezpieczonych warstw malarskich projektów. Dodatkowym plusem tego zabiegu była możliwość delikatnego odłączenia pasków papierowych napraw na stronach verso projektów.

Wykorzystanie żeli gellan do demontażu i oczyszczania zabytkowych rycin

Innym przykładem zastosowania arkuszy gumy gellan w praktyce konserwatorskiej było oddzielenie grafik od elementu oprawy w postaci tekturowego podłoża[41]. Poddany temu zabiegowi cykl rycin z pierwszej połowy XIX wieku, o tematyce pejzażowo-kartograficznej, składa się z dziewięciu oprawionych odbitek graficznych wykonanych w technice stalorytu. Ryciny przyklejone

[41] Prace konserwatorskie i restauratorskie stanowiły część pracy dyplomowej – zob. Dominika Wojciechowska, „Cykl grafik z kręgu Wielkiej Emigracji Paryskiej z 1. poł. XIX wieku, ze zbiorów Głównej Biblioteki Lekarskiej w Warszawie, (dokumentacja konserwatorska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, 2016).

zostały do sztywnych arkuszy tektury za pomocą kleju skrobiowego, a następnie oprawione warstwami papieru od strony recto oraz wzdłuż krawędzi. Przez górną część każdej oprawy jest przewleczony sznureczek. Na rewersach opraw znajdują się cenne odręczne zapiski sporządzone atramentem kampeszowym[42], a także współczesne czerwone pieczątki tuszowe Głównej Biblioteki Lekarskiej w Warszawie wraz z numerem inwentarzowym wpisanym czarnym flamastrem. Oprawy te zostały wykonane najprawdopodobniej do celów dydaktycznych w szkolnej bibliotece Szkoły Batiniolskiej w Paryżu. Przemawia za tym bardzo prosta forma, wykorzystanie ekonomicznych rozwiązań i stosunkowo tanich, nie najlepszej jakości materiałów.

Ze względu na konieczność przeprowadzenia zabiegów wzmacniających podłoże odbitek graficznych zdecydowano się na odłączenie ich od oprawy. Przed przystąpieniem do demontażu rycin zabezpieczono czerwone pieczątki i sygnaturę umieszczone na rewersie oprawy mieszaniną 10-proc. roztworu Plexigum w benzynie lakowej, a następnie wtapiając cykolododekan za pomocą kautera rozgrzanego do około 80°C. Dodatkowo zapiski na rewersie opraw wzmocniono 2-proc. roztworem karuku.

Na wykorzystanie sztywnych żeli w połączeniu z enzymami zdecydowano się po nieudanych próbach odłączenia ryciny za pomocą skalpela parowego oraz nawilżania bibułami filtracyjnymi[43]. Zawiesina enzymatyczna miała umożliwić rozpuszczenie kleju skrobiowego, a sztywne żele oczyścić strukturę papieru odbitki graficznej wraz z utrzymaniem odpowiedniego środowiska dla procesu enzymatycznego. Do każdej z rycin użyto 30 ml zawiesiny enzymów Pangrol 1000[44]. Równocześnie przygotowano arkusz 3-proc. żelu GelzanTM CM Gelrite® (fot. 5). Następnie zakroplono na dno melaminowej tacki zawiesinę enzymów i ułożono na niej arkusz sztywnego żelu. Ten sposób przesycenia, mimo wchłonięcia przez żel zawiesiny enzymatycznej, nie przyniósł zadowalających efektów. Po zastosowaniu przesyconego żelu

[42] Atrament odkryty w latach 40. XIX w., uznawany za pierwszy nowoczesny materiał piśmienniczy, którego podstawowym składnikiem jest wyciąg z drewna kampeszowego i chromian potasu; za: *Słownik towaroznawczy*, red. Wacław Waleck, t. 1 (Warszawa: Polskie Wydawnictwo Gospodarcze, 1952), 466.

[43] Opisany szczegółowo przykład usuwania klejów skrobiowych za pomocą łącznego zastosowania sztywnych żeli i enzymów zob. Claudia Mazzuca et al., „Cleaning of Paper Artworks: Development of an Efficient Gel-Based Material Able to Remove Starch Paste", *ACS Applied Materials and Interfaces* 6 (2014): 16519–16528, dx.doi.org/10.1021/am504295n.

[44] W celu przygotowania zawiesiny enzymów podgrzano 30 ml wody filtrowanej do ok. 40°C i na każde 10 ml wsypano wcześniej rozdrobioną w moździerzu zawartość jednej kapsułki enzymów, mieszano i przez około godziny utrzymywano temperaturę 40°C.

bowiem na powierzchni grafiki zauważono jedynie rezultaty podobne do uzyskanych przy użyciu standardowego sztywnego żelu. Ponadto nie było możliwe określenie, w jakim stopniu papier rycin był w stanie wchłonąć zawiesinę enzymatyczną znajdującą się w sztywnych żelu. W tej sytuacji zdecydowano się na nanoszenie zawiesiny enzymów bezpośrednio na powierzchnię odbitek graficznych. Zabieg ten przeprowadzono na stole grzewczym ustawionym na temperaturę 40°C. Następnie na zwilżoną powierzchnię ryciny nakładano sztywny żel i obciążano go (fot. 6).

Zastosowanie tak zmodyfikowanej metodyki okazało się skuteczne – stara spoina klejowa rozpuściła się, a ryciny łatwo odłączyły od podłoża oprawy (fot. 7). Dodatkowo sztywne żele wchłonęły zawiesinę enzymów wraz z zanieczyszczeniami (fot. 8, 9). Cały zabieg demontażu rycin trwał około 45 min. Następnie ryciny wykąpano najpierw w ciepłej, a potem w zimnej wodzie filtrowanej przez około półtorej godziny w celu wypłukania enzymów, brudu i usunięcia pozostałości od strony rewersu tektury i kleju skrobiowego.

Podsumowanie

Wstępne testy wpływu gumy gellan na wrażliwe na działanie wody warstwy barwne, zarówno przeprowadzone na próbkach historycznych, jak i na zestawach modelowych, wykazały przydatność tej metody. Migracja substancji odbywa się głównie w kierunku od papieru do żelu, przy jej ograniczeniu w obrębie struktury papieru, a to skutkuje zmniejszeniem efektu rozmycia warstw podatnych na wpływ wody.

Należy podkreślić, że chociaż zastosowanie żeli nie eliminuje całkowicie uszkodzeń materiałów nieodpornych na działanie wody, to jednak, w porównaniu do kąpieli wodnych, w znacznym stopniu hamuje rozmycie mediów.

Korzystne jest poprzedzenie aplikacji żeli gellan zabiegiem konsolidacji/utrwalania osłabionych i wrażliwych warstw barwnych. Połączenie tych metod wzajemnie wspomaga ochronę szczególnie czułych mediów. Dużym problemem jest dobranie skutecznej i odpowiedniej metody konsolidacji, która jednocześnie wystarczająco zabezpieczy warstwę na czas zabiegów. Dokładne rozpoznanie przydatności do tego celu poszczególnych preparatów wymaga dalszych analiz i rozwinięcia spektrum testowanych substancji oraz ich kombinacyjnego łączenia. Wskazany jest również indywidualny, odpowiedni do wymagań danego zabytku dobór metodyki postępowania. Z drugiej strony bardzo szeroki wachlarz preparatów pozwala łączyć ich użycie

nawet w obrębie jednego obiektu i dostosowywać w zależności od specyfiki danego obszaru problematycznej warstwy. Szczególnie cenna dla praktycznego wykorzystania sztywnych żeli gellan wydaje się możliwość wzmocnienia procesu delikatnej konsolidacji dodatkowym, czasowym hydrofobizowaniem cyklododekanem, który po zabiegu wysublimuje. Takie działania pozwalają bezpiecznie przedłużyć kontakt żelu z obiektem, a tym samym proces równomiernego i bardziej efektywnego oczyszczenia jego struktury.

W praktyce korzystna okazała się również możliwość przyspieszenia tempa efektywności procesu przez dodatkową aplikację enzymów bądź żeli chemicznych. Natomiast całościowe umiarkowane zwilżenie, które zapewnia kontakt obiektu z arkuszem gumy gellan, pozwala na miejscowe ingerencje bez powodowania niepożądanych zacieków i widocznych granic ingerencji.

Bibliografia

Arslanoglu, Julie. „Aquazol as Used in Conservation Practice". *Western Association for Art Conservation Newsletter* 26, no. 1 (2004): 10–15.

Arslanoglu, Julie, i Carolyn Tallent. „Evaluation of the Use of Aquazol as an Adhesive in Paintings Conservation". *Western Association for Art Conservation Newsletter* 25, no. 2 (2003): 12–18.

Bandurska, Zofia. *Adresy gratulacyjne i dyplomy członkowskie z lat 1836–1912 ze zbiorów Gabinetu Dokumentów Muzeum Narodowego we Wrocławiu* (Wrocław: Muzeum Narodowe, 2015),

Banik, Gerard, i Irene Brückle. *Paper and Water: A Guide for a Conservators*. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York: Butterworth-Heinemann, 2011.

Blüher, Agnes, Anna Haberditzl i Tanja Wimmer. „Aqueous Conservation Treatment of 20th Century Papers Containing Water-Sensitive Inks and Dyes". *Restaurator* 20 (1999): 181–197.

Botti, Lorena, Antonella Corazza, i Simonetta Innauccelli. „Evaluation of Cleaning and Chemical Stabilization of Paper Treated with a Rigid Hydrogel of Gellan Gum by Means of Chemical and Physical Analysis". W *Preprints for ICOM-CC 16th Triennial Conference, Lisbon*, red. Janet Bridgland; Catherine Antomarchi 1057–1068. Almada: Critério, 2011.

Casoli, Antonella, Paolo Cremonesi, Celia Isca, Roberto Groppetti, Stefano Pini, i Nicola Senin. „Evaluation of the Effect of Cleaning on the Morphological Properties of Ancient Paper Surface". *Cellulose* 20, no. 3 (2013): 2027–2043.

Casoli, Antonella, Celia Isca, Sergio De Iasio, Lorena Botti, Simonetta Iannuccelli, Luciano Residori, Daniele Ruggiero, i Silvia Sotgiu. „Analytical Evaluation, by GC/MS, of Gelatine Removal from Ancient Papers Induced by wet Cleaning: A Comparison between Immersion Treatmentand Application of Rigid Gellan Gum Gel". *Microchemical Journal* 117 (2014): 61–65.

Cybul, Aleksandra. „Wykorzystanie gumy gellan w oczyszczaniu zabytków na podłożu papierowym". Praca magisterska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, 2016.

Czuczko, Jolanta, i Aleksandra Cybul. „Żele gellan jako alternatywa w oczyszczaniu obiektów zabytkowych wykonanych a podłożach papierowych". W *Problemy muzeów związane z zachowaniem i konserwacją zbiorów. VII Międzynarodowa Konferencja Konserwatorska Szreniawa, 12–14 października 2016*, red. Paulina Kryg i Lidia Staniek, 84–98. Szreniawa: Muzeum Narodowe Rolnictwa i Przemysłu Rolno-Spożywczego w Szreniawie, 2017.

Daniels, Vincent, i Joanna Kosek. "Studies on the Washing of Paper: Part 2: A Comparison of Different Washing Techniques used on an Artificially Discoloured, Sized Paper". *Restaurator* 25 (2004): 260–266.

Daniels, Vincent, i Joanna Kosek, "Studies on the Washing of Paper. Part 1: The Influence of Wetting on the Washing Rate". *Restaurator* 25 (2004): 81–93.

Dwan, Antoinette. „Temporary Masks for Aqueous Paper Treatments". *AIC Book and Paper Annual* 17 (1999): 53–54.

Ebert, Bettina, Brian Singer i Nicky Grimaldi. "Aquazol as a Consolidant for Matte Paint on Vietnamese Paintings". *Journal of the Institute of Conservation* 35 (2012): 62–76.

Emako, Miyoshi. „Our Recent Findings on the Functionel Properties of Gellan Gum". Osaka: OUKA,2009. Dostęp 10 listopada 2015, http://ir.library.osaka-u.ac.jp/dspace/bitstream/11094/6362/1/hs35-023.pdf

Geiger,Thomas i Françoise Michel. "Studies on the Polysaccharide JunFunori used to Consolidate Matt Paint". *Studies in Conservation* 50 (2005): 193–204.

Grantham, Sandra, i Alan Cummings. "Painted Japanese Paper Screens: the Consolidation of Paint Layers on a Paper Substrate". W *The Broad Spectrum: Studies in the Materials, Techniques, and Conservation of Color on Paper*, red. Harriet K. Stratis i Britt Salvesen, 198–206. London: Archetype Publications, 2002.

Guthke, B. *Wyrób atramentów (tuszów, taśm kopjowych i t.d.)*. Warszawa: Wende i S-ka, 1919.

Havlinowa, Bohuslava, Jarmila Minarikowa, Libuse Svorcova, Josef Hanus, i Vlasta Brezova. „Influence of Fixatives and Deacidification on the Stability of Arylmethane Dyes on Paper during the Course of Accelerated Aging". *Restaurator* 26 (2005): 1–13.

Hughes, Amy, i Michelle Sullivan. „Targeted Cleaning of Works on Paper: Rigid Polysaccharide Gels and Conductivity in Aqueous Solutions". *The Book and Paper Group Annual* 35 (2016): 30–41.

Iannuccelli, Simonetta, i Silvia Sotgiu. "Wet Treatments of Works of Art on Paper with Rigid Gellan Gels". *The Book and Paper Group Annual* 29 (2010): 25–39.

Isca, Clelia. „The Use of Polysaccharide Rigid Gelsin Cleaning Treatments. Multi Analytical Approach for the Study of Their Performance, Effectiveness and Interference with Paperartworks". Rozprawa doktorska, Università Degli Studi di Parma, 2014.

Janik, L A. *Skarbnica wiedzy: podręcznik chemiczno-techniczny do fabrykacji artykułów pierwszej potrzeby dla chemików, drogerzystów, fabrykantów i wszystkich interesujących się tanią fabrykacją: zawiera 3000 przepisów niezbędnych dla każdego domu, kupca, rzemieślnika i rolnika.* Warszawa: Bibljoteka Dzieł Naukowych, 1936.

Jastrzębiowska, Nel, i Mirosław Maciaszczyk. „Konservierung der Dokumente aus dem Bestand des SS-Hygiene-Institutes im Museum Auschwitz-Birkenau". *Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren* 19 (2010**):** 27–30.

Królikowski, Kamil. „Dziewiętnastowieczne materiały pisarskie i pieczątki oraz ich trwałość w procesach konserwatorskich". Praca magisterska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, 2006.

Laaser, Tilly, Karolina Soppa i Christoph Krekel. "The Migration of Hydroxy Propyl Cellulose During Consolidation of a Painted Wallpaper: A Case Study Using a Fluorescent - Labelled Consolidant". W *Paper Conservation Decisions & Compromisess*. ICOM-CC Graphic Documents Working Group Interim Meeting | Vienna 17–19 April 2013, red. Lieve Watteeuw, Christa Hofmann, 88–90. Wien: Österreichische Nationalbibliothek [for] ICOM-CC, 2013.

Mazzuca, Claudia, Laura Micheli, Marilena Carbone, Francesco Basoli, Eleonora Cerveli, Simonetta Innauccelli, Silvia Sotgiu, i Antonio Palleschi. „Gellan Hydrogel as a Powerful Tool in Paper Cleaning Process: A Detailed Study. *Colloid and Interface Science* 416 (2014): 205–211.

Mazzuca, Claudia, Laura Micheli, Eleonora Cerveli, Francesco Basoli, Claudia Cencetti, Tommasina Coviello, Simonetta Innauccelli, Silvia Sotgiu, i Antonio Palleschi. „Cleaning of Paper Artworks: Development of an Efficient Gel-Based Material Able to Remove Starch Paste". *ACS Applied Materials and Interfaces* 6 (2014): 16519–16528. dx.doi.org/10.1021/am504295n.

Möller, Lotta. "Cleaning of Watercolour Drawings. A Study of the Use of Gellan Gum Gel on Water Sensitive Media". Rozprawa doktorska, Göteborgs Universitet, 2014. Dostęp 20 listopada 2016, https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/36483.

Muñoz-Viñas, Salvador. „A Dual-Layer Technique for the Application of a Fixative on Water-Sensitive Media on Paper". *Restaurator* 28 (2007): 78–94.

Nichols, Kimberly, i Rachel Mustalish. „Cyclododecane in Paper Conservation Discussion". *Book and Paper Group Annual AIC* 21 (2002): 81–84.

Okragła, Dorota. „Zastosowanie żeli do oczyszczania papieru i skóry". Praca magisterska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, 1994.

Orczykowska, Magdalena, Paweł Budzyński i Marek Dziubiński. „Wpływ gumy gellan na właściwości reologiczne roztworów skrobi o różnym pochodzeniu botanicznym". *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 50, nr 1 (2011): 31-32. Dostęp 10 listopada 2015, http://inzynieria-aparatura-chemiczna.pl/pdf/2011/2011-1/InzApChem_2011_1_31-32.pdf

Porto, Stephanie, i Aaron Shugar. „The Effectiveness of Two Cationic Fixatives in Stabilizing Water-Sensitive Dye-Based Inks on Paper". *The Book and Paper Group Annual* 27 (2008): 63–70.

Roller, Julia, Andrea Pataki, Antje Potthast, i Irene Bruckle. „Aqueous Washing Treatment Aids: How to Remove Ionic Fixatives from Paper". *Restaurator* 36 (2015): 307–331.

Rowe, Spohie, i Christina Rozeik. „The Use of Cyclododecane in Conservation". *Reviews in Conservation* 9 (2008): 17–31.

Schalkx, Hilde, Piet Iedema, Birgit Reissland i Bas van Velzen. „Aqueous Treatment of Water-Sensitive Paper Objects Capillary Unit, Blotter Wash or Paraprint Wash?". *Journal of Paper Conservation IADA Reports* 12, no 1 (2011): 11–20.

Słownik towaroznawczy, red. Wacław Waleck, t. 1, 466. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Gospodarcze, 1952.

Swider, Joseph, i Martha Smith. "Funori – Overview of a 300-Year-Old Consolidant". *Journal of the Institute of Conservation* 44 (2005): 117–126.

Thakur,Vijay K., i Manju K. Thakur. *Handbook of Polymers for Pharmaceutical Technologies. Vol. 3. Biodegradable Polymers*. New Jersey: Wiley, 2015.

Uchida, Yuki, Masamitsu Inaba i Takayashy Kijima. „Evaluation of Aqueous Washing Methods of Paper by the Measurement of Organic Acid Extraction". *Restaurator* 28 (2007): 169–184.

Warda, Jeffrey, Irene Brückle, Anikó Bezúr i Dan Kushel. „Analysis of Agarose, Carbopol, and Laponite Gel Poultices in Paper Conservation". *Journal of the American Institute for Conservation* 46, no. 3 (Fall–Winter, 2007): 263–279.

Wojciechowska, Dominika. „Cykl grafik z kręgu Wielkiej Emigracji Paryskiej z 1 poł. XIX wieku, ze zbiorów Głównej Biblioteki Lekarskiej w Warszawie". Dokumentacja konserwatorska, Toruń 2016, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry.

Wojciechowska, Dominika. „Cykl projektów adresów jubileuszowych autorstwa Józefa Peszke, ze zbiorów Głównej Biblioteki Lekarskiej w Warszawie". Dokumentacja konserwatorska, Toruń 2016, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry.

Yip, Vivian. „The Conservation of Two Contemporary Chinese Woodblock Prints Using Gellan Gum". *News in Conservation* 2015. Dostęp 15 marca 2017, https://www.iiconservation.org/system/files/publications/journal/2015/b2015_3.pdf

Źródła internetowe

CP Kelco A Hubner Company, Kelcogel Gellan Gum. Dostep 20 lutego 2017, https://www.cpkelco.com/markets-served/household-products/products/kelcogel-gellan-gum/

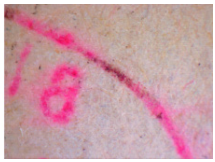
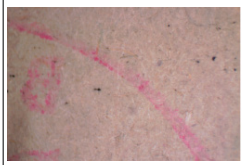
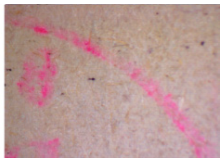
Czarny cienkopis Rystor RC-04. Dostęp 22 lipca 2016, http://www.rystor.pl/cienkopisrc04/.

Internetowa baza danych substancji chemicznych. Dostęp 3 stycznia 2016, http://www.chemicalbook.com/ProdSupplierGNCB7318500_EN.htm.

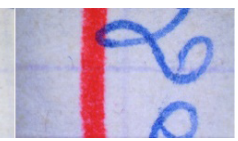
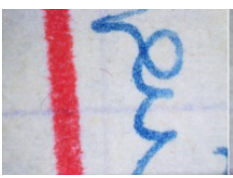
Karta specyfikacji produktu Phytagel ®. Dostęp 22 września 2015, http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/docs/Sigma/Product_Information_Sheet/1/p8169pis.pdf.

Tablice i wykresy

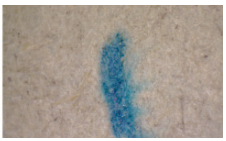
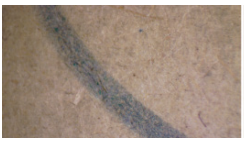
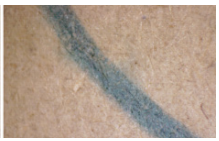
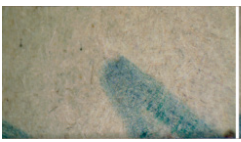
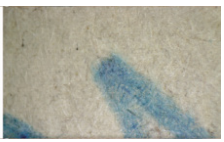
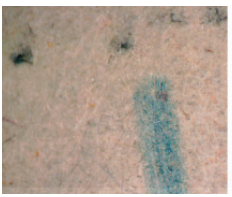
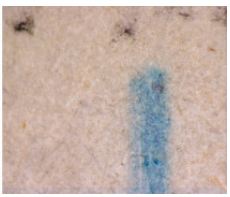
Tablica 1. Przykłady zakresu zmian wizualnych warstwy medium w wyniku przeprowadzenia procesów mokrych (guma gellan i kąpiele statyczne)

Badana próbka – problematyka	Zabieg	Fotografia próbki, powiększenie 20x		Opis zmian
		przed zabiegami	po zabiegach	
Papier gazetowy z czerwoną pieczątką tuszową	1-proc. żel			Tusz uległ znacznemu rozmyciu
	2-proc. żel			
	4-proc. żel			
	Woda			

Cd. tab. 1

Badana próbka – problematyka	Zabieg	Fotografia próbki, powiększenie 20x		Opis zmian
		przed zabiegami	po zabiegach	
Papier z zapiskami czerwonym flamastrem oraz niebieskim długopisem	1-proc. żel			Flamaster uległ rozmyciu – w największym stopniu pod wpływem działania 1-proc. żelu oraz wody w stanie wolnym. Niebieski długopis nie uległ widocznym zmianom
	2-proc. żel			
	4-proc. żel			
	Woda			

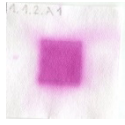
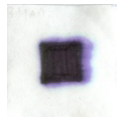
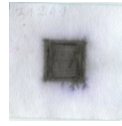
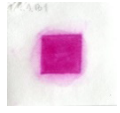
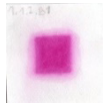
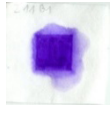
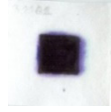
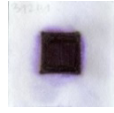
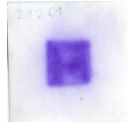
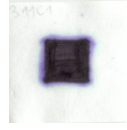
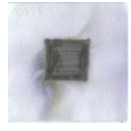
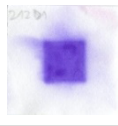
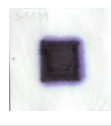
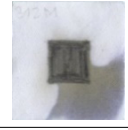
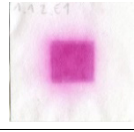
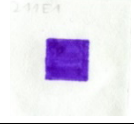
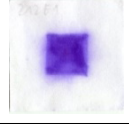
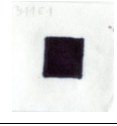
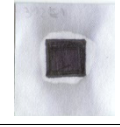
Cd. tab. 1

Badana próbka – problematyka	Zabieg	Fotografia próbki, powiększenie 20x		Opis zmian
		przed zabiegami	po zabiegach	
Papier gazetowy z kredką anilinową	1-proc. żel			Kredka anilinowa uległa rozmyciu oraz zmieniła swoją barwę, w największym stopniu pod wpływem działania 1-proc. żelu oraz wody w stanie wolnym
	2-proc. żel			
	4-proc. żel			
	Woda			

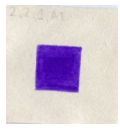
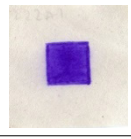
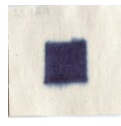
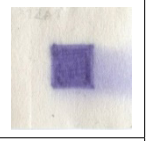
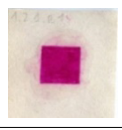
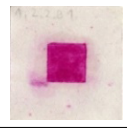
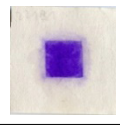
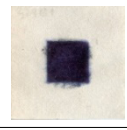
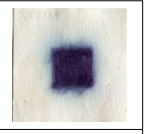
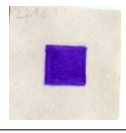
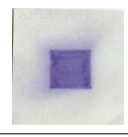
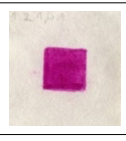
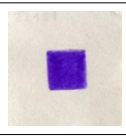
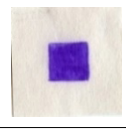
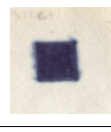
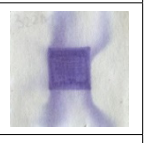
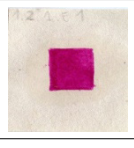
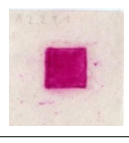
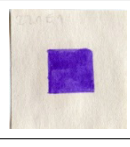
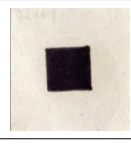
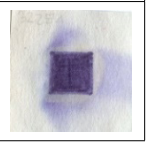
Cd. tab. 1

Badana próbka – problematyka	Zabieg	Fotografia próbki, powiększenie 20x		Opis zmian
		przed zabiegami	po zabiegach	
Papier z zapiskami czarnym cienkopisem	1-proc. żel			Czarny tusz z cienkopisu uległ znacznemu rozmyciu: im wyższe stężenie żelu, tym efekt ten jest mniejszy. W wyniku działania wodą w stanie ciekłym tusz został „wymyty”
	2-proc. żel			
	4-proc. żel			
	Woda			

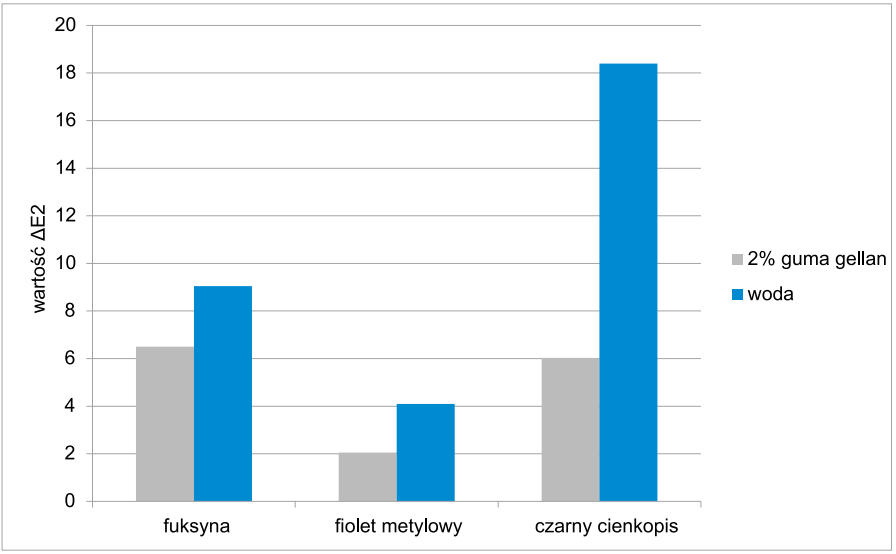
Tablica 2. Porównanie wpływu zabiegów z wykorzystaniem 2-proc. gumy gellan oraz wody w stanie wolnym na badane materiały pisarskie

Papier z mas celulozowych						
Zabezpieczenie	Fuksyna		Błękit metylowy		Czarny cienkopis	
	2-proc. żel	woda	2-proc. żel	woda	2-proc. żel	woda
Bez zabezpieczenia						
1 warstwa 5-proc. Paraloidu w dowanolu + 1 warstwa 10-proc. Paraloidu B-72 w dowanolu						
1-proc. roztwór Klucelu G w etanolu, w jednej warstwie						
dwie warstwy 10-proc. roztworu cyklododeknu w toluenie						
10-proc. roztwór Plexigum w benzynie						

Cd. tab. 2

Papier ze ścierem drzewnym						
Zabezpieczenie	Fuksyna		Błękit metylowy		Czarny cienkopis	
	2-proc. żel	woda	2-proc. żel	woda	2-proc. żel	woda
Bez zabezpieczenia						
1 warstwa 5-proc. Paraloidu w dowanolu + 1 warstwa 10-proc. Paraloidu B-72 w dowanolu						
1-proc. roztwór Klucelu G w etanolu, w jednej warstwie						
Dwie warstwy 10-proc. roztworu cyklododeknu w toluenie						
10-proc. roztwór Plexigum w benzynie						

Źródło: opracowanie [badania] własne.



Wykres 1. Porównanie zmian optycznych zachodzących wskutek działania 2-proc. gumy gellan oraz kąpieli w wodzie filtrowanej, z wyszczególnieniem materiałów pisarskich





Fot. 1. Materiały i narzędzia potrzebne do przygotowania arkusza żelu gellan (po lewej); fragment arkusza gumy gellan – zakres elastyczności (po prawej), fot. Dominika Wojciechowska



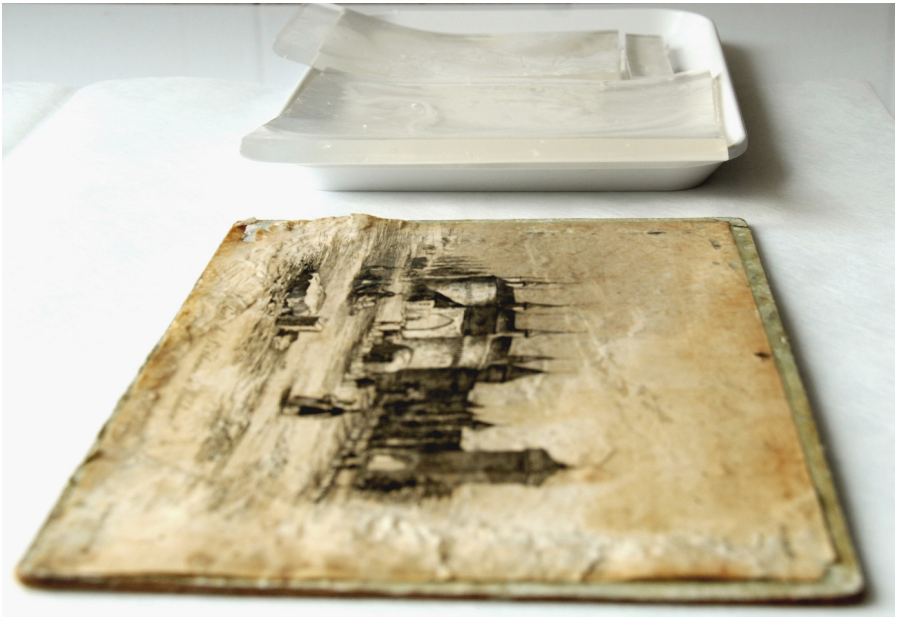
Fot. 2. Józef E. Peszke, jeden z projektów adresów jubileuszowych z okazji 50-lecia twórczości literackiej Józefa Ignacego Kraszewskiego, rysunek ołówkiem grafitowym i czarnym tuszem oraz gwasz i akwarela ze złoceniami na podłożu papierowym, 35,2 x 28,0 cm, stan przed konserwacją, fot. Andrzej Skowroński



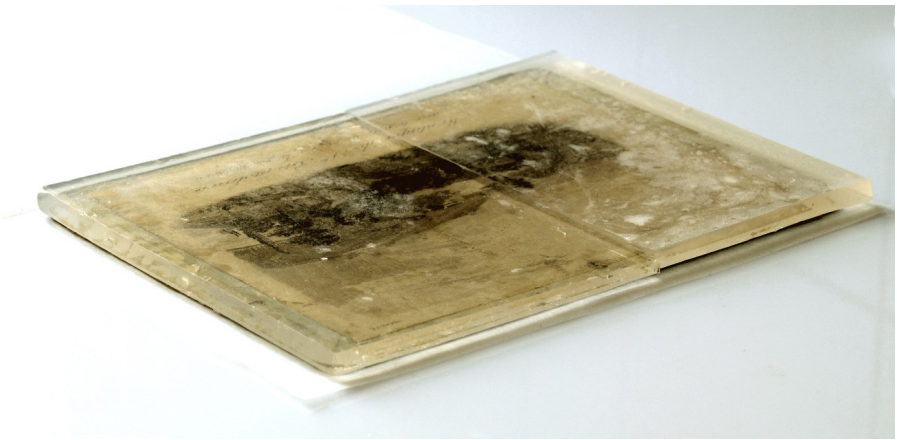
Fot. 3. Wykorzystanie arkusza żelu gellan do nawilżenia projektów w celu usunięcia napraw oraz oczyszczenia struktury papierowego podłoża (po lewej), fragment arkusza gellan z zaabsorbowanymi zanieczyszczeniami (po lewej), fot. Dominika Wojciechowska



Fot. 4. Józef E. Peszke, cykl projektów adresów jubileuszowych z okazji 50-lecia twórczości literackiej Józefa Ignacego Kraszewskiego, rysunek ołówkiem grafitowym i czarnym tuszem oraz gwasz i akwarela ze złoceniami na podłożu papierowym, stan po pracach konserwatorskich i restauratorskich, fot. Dominika Wojciechowska



Fot. 5. Czyste arkusze żelu gellan i jedna z cyklu rycin przed aplikacją, fot. Dominika Wojciechowska



Fot. 6. Arkusze gumy gellan naniesione bezpośrednio na lico ryciny naklejonej na tekturowe podłoże, fot. Dominika Wojciechowska



Fot. 7. Efekty działania gumy gellan i enzymów, rycina w trakcie demontażu, fot. Dominika Wojciechowska



Fot. 8. Rycina w trakcie procesu odłączania od tekturowego podłoża oraz zdjęte z lica arkusze żelu gellan z widocznymi zaabsorbowanymi zanieczyszczeniami, fot. Dominika Wojciechowska



Fot. 9. Zestawienie dwóch rycin z cyklu: przed zabiegami mokrymi i po demontażu z aplikacją gumy gellan oraz enzymów, fot. Dominika Wojciechowska