

Maria Urban-Dąbek
Lidia Łabuzek
Natalia Gruszczyk*

Odsalanie drewna dotkniętego korozją chemiczną na przykładzie baraków zlokalizowanych na terenie byłego niemieckiego nazistowskiego obozu koncentracyjnego i zagłady Auschwitz II – Birkenau

Desalination of wood affected by chemical corrosion based on the example of barracks located in the former Auschwitz II – Birkenau former German Nazi concentration and extermination camp

Konsultacje: Jolanta Banaś-Maciaszczyk

Maria Urban-Dąbek, Lidia Łabuzek, Natalia Gruszczyk, *Odsalanie drewna dotkniętego korozją chemiczną na przykładzie baraków zlokalizowanych na terenie byłego niemieckiego nazistowskiego obozu koncentracyjnego i zagłady Auschwitz II – Birkenau*, „Ochrona Zabytków” 2024, nr 1, s. 199–229.

Abstrakt

W artykule przedstawiono najważniejsze działania podjęte, by opracować metodę konserwacji drewna baraków, które ulega niszczeniu w wyniku korozji chemicznej. Kilkuletnia praca nad tym zagadnieniem obejmowała: kwerendę literaturową, kwerendę archiwalną pod kątem używanych w przeszłości preparatów ochrony drewna, monitoring korozji chemicznej, badania składu chemicznego drewna, konsultacje z zewnętrznymi instytucjami badawczymi, próby ekstrakcji szkodliwych substancji oraz sformułowanie wytycznych konserwatorskich co do konserwacji baraków dotkniętych korozją chemiczną. Na podstawie zdobytej wiedzy i doświadczenia przeprowadzono odsalanie pierwszego baraku drewnianego.

* Państwowe Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu
e-mail: maria.urban@auschwitz.org; natalia.gruszczyk@auschwitz.org; lidia.labuzek@auschwitz.org

Ważnym aspektem artykułu jest zwrócenie uwagi na konieczność zachowania rozwagi w stosowaniu przy drewnie zabytkowym środków ochrony drewna, szczególnie tych zawierających związki nieorganiczne. Przed rozpoczęciem konserwacji drewnianych konstrukcji oraz całych budynków powinno się w pierwszej kolejności sprawdzić, czy stosowanie środków ochrony drewna jest uzasadnione. W tym celu trzeba wykonać badania chemiczne pozwalające ustalić ilościową zawartość środków ochrony w drewnie. W przypadku gdy konieczne jest zabezpieczenie ogniochronne obiektu z uwagi na obowiązujące przepisy przeciwpożarowe, należy dążyć do alternatywnego rozwiązania, na przykład zwiększyć ilość środka gaśniczego w gaśnicach. W drewnianych barakach dawnego KL Auschwitz II – Birkenau jest to stosowane od 2014 roku.

Słowa kluczowe

konserwacja drewna, odsalanie drewna, korozja chemiczna, drewniane baraki, kompresy, kąpiel dynamiczna, suszenie drewna, badania drewna

Abstract

The article outlines the most important steps taken to develop a method for preserving the wood of the barracks which is deteriorating as a result of chemical corrosion. The several-year work on this task has included: searches in the literature, searches in the archives for preparations used to protect wood in the past, monitoring chemical corrosion, research on the chemical composition of wood, consultations with external research institutions, attempts to extract harmful substances, and drafting guidelines for the conservation of the barracks affected by chemical corrosion. Based on the knowledge and experience acquired, the first of the wooden barracks underwent desalination.

An important aspect of the article is to draw attention to the need for caution when using preservatives, especially those containing inorganic compounds, on historic wood. Before starting work on the conservation of wooden structures and entire buildings, it is first necessary to ascertain whether the use of wood preservatives is justified. To do this, chemical tests need to be performed to determine the amount of preservatives in the wood. If a facility requires fireproofing due to current fire regulations, an alternative solution should be sought, for example, increasing the amount of the extinguishing agents in fire extinguishers. These have been used in the wooden barracks of the former KL Auschwitz II – Birkenau concentration camp since 2014.

Keywords

wood preservation, wood desalination, chemical corrosion, wooden barracks, compresses, dynamic water bath, wood drying, wood testing

W DREWNIANYCH BARAKACH EKSPONOWANYCH NA TERENIE PAŃSTWOWEGO MUZEUM AUSCHWITZ-Birkenau (PMA-B) można znaleźć liczne ślady dokumentujące historię zbrodni nazistowskich. Część z tych śladów została utracona nie tylko w wyniku upływu czasu i trudnych warunków mikroklimatycznych, lecz także z powodu postępującej stopniowo korozji chemicznej. Przez korozję zniszczeniu uległy również liczne obszary zachowanych już i tak fragmentarycznie powłok malarskich. Przyczyną korozji były stosowane na przestrzeni lat powojennych różnego rodzaju środki ochrony drewna zawierające związki nieorganiczne.

W 2019 roku rozpoczęto trwającą prawie trzy lata kompleksową konserwację baraku o numerze inwentaryzacyjnym B-167 (zgodnie z numeracją obozową – baraku numer 14), obejmującą między innymi odsalanie drewna. Celem tego zabiegu było zatrzymanie procesu korozji chemicznej. Prace zostały zrealizowane przez PMA-B w ramach Globalnego Planu Konserwacji¹ ze środków przekazanych przez Fundację Auschwitz-Birkenau.

¹ Globalny Plan Konserwacji to opracowany i realizowany przez PMA-B kompleksowy, wieloletni program prac konserwatorskich mający na celu zachowanie relikwów pozostałych po niemieckim nazistowskim obozie koncentracyjnym i zagłady. Realizacja planu odbywa się przez wdrażanie projektów konserwatorskich



1

Odcinek BII fotografowany z bramy obozowej
 a) Stan w maju 1945 roku. Negatyw nr 21366/2
 b) Stan w lutym 2022 roku. Fot. S. Mrozek

Section BII photographed from the main gates of the camp
 a) Condition in May 1945. Negative no. 21366/2
 b) Condition in February 2022. Photo: S. Mrozek

Historia obozu Auschwitz II – Birkenau

Decyzję o budowie drugiej części kompleksu obozowego Auschwitz: Auschwitz II – Birkenau, Niemcy podjęli w 1941 roku. Utworzyli go w odległej od Oświęcimia o 3 kilometry wsi Brzezinka, z której wcześniej wysiedlili mieszkańców, a ich domostwa rozebrali. Pozyskany materiał posłużył do budowy obozu. Pierwotnie KL Auschwitz II – Birkenau miał pełnić funkcję obozu dla sowieckich jeńców wojennych. Od wiosny 1942 roku był jednocześnie ośrodkiem zagłady Żydów w ramach *Endlösung der Judenfrage* („ostatecznego rozwiązania kwestii żydowskiej”) – nazistowskiego planu wymordowania Żydów zamieszkujących okupowane przez Trzecią Rzeszę tereny². W 1943 roku rozpoczęto montaż drewnianych baraków na odcinku BII. W większości były to baraki stajenne (*Pferdestallbaracken*) typu 260/9, sprowadzane do Polski w formie gotowych, prefabrykowanych elementów³. Postawiono około 230 baraków tego typu. W 1944 roku rozbudowę obozu wstrzymano. Do tego czasu powstało około 450 baraków różnego typu i przeznaczenia⁴.

obejmujących konkretne obiekty bądź kompleksowo traktowane problemy konserwatorskie (*Globalny Plan Konserwacji*, tinyurl.com/mukv9b7x, dostęp: 18.01.2024).

² KL Auschwitz-Birkenau, tinyurl.com/5m26d9m7, dostęp: 15.01.2024.

³ I. Strzelecka, *Budowa, rozbudowa oraz rozwój obozu i jego filii [w:] Auschwitz 1940–1945. Węzłowe zagadnienia z dziejów obozu*, t. 1, red. W. Długoborski, F. Piper, Oświęcim 1995, s. 63–64.

⁴ Jolanta Banaś -Maciaszczyk et al., *Zachować autentyczność. Konserwacja pięciu drewnianych baraków dawnego KL Auschwitz II-Birkenau*, Oświęcim 2012, s. 22.

Stan badań nad korozją chemiczną drewna

Literatura dotycząca badań korozji chemicznej oraz wytrzymałości mechanicznej drewna impregnowanego różnego rodzaju związkami chemicznymi jest obszerna⁵. Mianem korozji chemicznej drewna określa się zniszczenia jego powierzchniowych warstw spowodowane stosowaniem nadmiernej ilości środków ochrony drewna zawierających związki nieorganiczne. Jako synonimy korozji chemicznej używane są również takie terminy, jak: maceracja⁶, rozwłóknienie, dezintegracja, rozluźnienie czy zwielenie. Na elementach drewnianych niszczonych przez korozję początkowo widoczne są białe wysolenia, a następnie powierzchnia drewna przybiera wygląd włóknistej struktury z widocznymi odłączonymi wiązkami włókien. Kolejnym etapem jest wygląd przypominający weinę. Prowadzone przez specjalistów badania wykazały, że zniszczenia powstają głównie w obrębie blaszki środkowej (zbudowanej głównie z ligniny), ściany pierwotnej P i wtórnej S1 (celuloza, hemiceluloza i lignina)⁷. W badanych obiektach obserwowano uszkodzenia dochodzące do 12 mm w głąb danego elementu⁸. Korozja chemiczna drewna jest powodowana przez kilka rodzajów agresywnych substancji chemicznych. Zaliczają się do nich w szczególności utleniacze, zasady, kwasy i ich sole. Różne skutki oddziaływania agresywnych substancji chemicznych na drewno zależą od ich rodzaju, stężenia, temperatury i czasu oddziaływania. Kwas siarkowy, solny, azotowy i inne agresywne kwasy stosunkowo szybko degradują drewno w temperaturze pokojowej⁹. Do biocydów na bazie soli nieorganicznych, które mogą powodować korozję drewna, należą na przykład mieszaniny soli lub tlenków zawierających kationy: Na^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Hg^{2+} , B^{3+} , Sb^{3+} , As^{3+} , As^{5+} , C^{6+} , lub aniony: Cl^- , F^- czy SO_4^{2-} . Natomiast do substancji o działaniu ognioodpornym, które mogą powodować korozję chemiczną drewna, zalicza się szerokie spektrum nieorganicznych związków chemicznych, na przykład sole amonowe NH_4F , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ oraz związki boru H_3BO_3 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ i tym podobne¹⁰.

Zdania naukowców co do wagi niszczących procesów fizycznych i chemicznych są podzielone. W 2004 roku powstała obszerna dysertacja Andreasa Schwara, w której za główną przyczynę powstawania uszkodzeń drewna w wyniku zastosowania nieorganicznych środków uznał on ciśnienie krystalizacyjne soli powstające podczas zmian faz skupienia¹¹. Ponadto stwierdził, że długotrwałe działanie roztworu wodnego podzielonych hydrolytycznie soli o odczynie kwaśnym

⁵ Ocenę literatury z lat 1933–2004 na temat badań korozji drewna można odnaleźć w publikacji: W. Rug, A. Lißner, *Untersuchungen zur Festigkeit und Tragfähigkeit von Holz unter dem Einfluss chemisch-aggressiver Medien*, „Bautechnik” 2011, vol. 88, iss. 3, s. 177–178, online: tinyurl.com/mvdauv5b, dostęp: 20.03.2021.

⁶ „Maceracja (z łac.) oznacza (w przypadku drewna) poluzowanie lub rozpuszczenie się stałej struktury komórkowej wzgl. stałego zespołu komórek w zakresie średniej warstwy poprzez wpływ czynników chemicznych lub fizycznych. Pojedyncza komórka pozostaje w dużej mierze zachowana. W przypadku znacznego zniszczenia dochodzi do poluzowania lub odpadnięcia całych zbitek włókien” [cyt. za:] A. Schwar, *Physiko-mechanische Untersuchungen des Schadensmechanismus bei Dachstuhlholzern durch spezifische Holzschutz- und Holzflammschutzmittel*, Cottbus 2004 (praca doktorska), wersja polska: *Fizyczno-mechaniczne badania mechanizmu uszkodzeń w drewnie więźb dachowych przez specyficzne środki ochrony drewna oraz środki ochrony przeciwogniowej*, przeł. M. Włodyga, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B, s. 2.

⁷ Ibidem, s. 7; I. Kučerová et al., *Defibring of historical roof beam caused by ammonium sulphate and ammonium phosphates based fire retardants* [w:] *Wood science for conservation of cultural heritage – Braga 2008*, ed. J. Gril, Firenze 2010, s. 282, online: tinyurl.com/nkbd8v82, dostęp: 25.10.2022.

⁸ L. Reinprecht, *Wood deterioration, protection and maintenance*, Zvolen 2016, s. 48.

⁹ Ibidem, s. 45 („Chemical corrosion of wood is caused by several types of aggressive chemicals. They are in particular oxidizers, alkalis, acids and their salts, which can come into contact with the wood in the form of gases, liquids, salts or pastes. Various accidental and deliberate effects of aggressive chemicals on wood depend upon their type, concentration, temperature and time of impact [...]. Sulphuric acid, hydrochloric acid, nitric acid and other aggressive acids will degrade wood at room temperature in rather a short time”).

¹⁰ T. Tribulová, F. Kačík, D.V. Evtuguin, *Impacts of inorganic chemicals used for wood protection – a review*, „Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen” 2017, R. 59, č. 2, s. 5–22, online: tinyurl.com/6dydtmva, dostęp: 24.05.2022; A. Unger, A.P. Schniewind, W. Unger, *Conservation of wood artifacts*, Berlin 2001; T.P. Schultz, D.D. Nicholas, A.F. Preston, *A brief review of the past, present and future of wood preservation*, „Pest Management Science” 2007, vol. 63, iss. 8, s. 784–788; L. Reinprecht, *Wood deterioration...*, op. cit.

¹¹ „Ciśnienie to może powstawać wyłącznie przy wolnym przejściu z fazy roztworu soli do fazy kryształu. Czy do tej zmiany dojdzie oraz jak często się to zdarzy, zależy od rodzaju i stężenia soli skoncentrowanych na



2

Efekty korozji chemicznej drewna. Korozja postępuje szybciej we włók-
nach drewna wczesnego. Widoczne są białe kryształy soli, oddzielające
się całe wiązki włókien i pojedyncze naczynia

a) Fot. M. Urban-Dąbek

b) Fot. M. Kościelniak

The effects of chemical corrosion of wood. Corrosion progresses faster
in the fibres of early wood. White salt crystals, whole separated fibre
bundles and individual vessels are visible

a) Photo: M. Urban-Dąbek

b) Photo: M. Kościelniak

powoduje rozpad części hemicelulozy¹². Nieco inne spojrzenie na zniszczenia spowodowane przez zastosowanie środków ochrony drewna zostało przedstawione w artykule z 2010 roku, w którym Irena Kučerová ze współautorami napisała, że utlenianie ligniny wydaje się głównym mechanizmem powstawania rozwłóknienia drewna. Stwierdzono też, że względna zawartość grup karboksylowych w drewnie zwiększa się wraz ze wzrostem stopnia rozwłóknienia (badania FTIR)¹³. Dochodzi do tego prawdopodobnie w wyniku utleniania grup hydroksylowych zarówno w celulozie, jak i w ligninie, ale w większym stopniu temu procesowi ulega ta ostatnia¹⁴. W innym artykule z 2010 roku Michal Kloiber ze współautorami zniszczenia drewna, podobnie jak wcześniej Kučerová z zespołem, wiązał z reakcją utleniania ligniny i celulozy, a w niektórych przypadkach dopuszczał możliwość powstawania szkód pod wpływem ciśnienia krystalizacyjnego nieorganicznych soli¹⁵. W 2016 roku Ladislav Reinprecht pisał z kolei, że zniszczenia w drewnie powstają głównie w wyniku zmniejszenia stopnia polimeryzacji polisacharydów i rozpadu trójwymiarowej sieci lignin. W wyniku uszkodzenia tych polimerów powstają zniszczenia w obszarach mikroskopowych i makroskopowych drewna oraz ulegają zmianie właściwości mechaniczne i fizyczne¹⁶. W tym samym roku Piotr Witomski i współpracownicy na podstawie przeprowadzonych badań drewna z typowymi dla korozji chemicznej uszkodzeniami ustalili, że to zmiany w ligninie odpowiadały za degradację i rozwłóknianie. Uszkodzone drewno miało 35–42% mniejszą zawartość ligniny niż

powierzchni drewna. Ponadto zależy od klimatycznych warunków otoczenia drewna - względnej wilgotności powietrza, temperatury” (A. Schwar, *Fizyczno-mechaniczne badania...*, op. cit., s. 199).

¹² Ibidem, s. 30–31.

¹³ I. Kučerová et al., *Defibring of historical roof beam...*, op. cit., s. 281–286.

¹⁴ Ibidem. Ponadto zwiększeniu stopnia uszkodzenia drewna towarzyszy przesunięcie pasma absorpcji przy 1420–1430 cm⁻¹ w kierunku wyższych długości fal, co wskazuje, że krystaliczna frakcja celulozy wzrasta w wyniku utraty frakcji amorficznej (ibidem, s. 285).

¹⁵ M. Kloiber et al., *Change of mechanical properties of Norway spruce wood due to degradation caused by fire retardants*, „Wood Research” 2010, vol. 55, iss. 4, s. 23–38, online: tinyurl.com/bdf4zyjk, dostęp: 24.05.2021.

¹⁶ L. Reinprecht, *Wood deterioration...*, op. cit., s. 53.

zdrowe (natywne). Badania w obszarze celulozy nie wykazały istotnych zmian chemicznych¹⁷. Natomiast Tereza Tribulová, František Kačík i Dmitry V. Evtuguin w artykule z 2017 roku pisali o tym, że proces niszczący przebiega w wyniku rozmaitych reakcji chemicznych¹⁸. Wskazywali: „Degradacja polimerów drewna w różnym stopniu następuje w wyniku bezpośredniej reakcji związków chemicznych z drewnem i/lub w wyniku ich działania katalitycznego [...]”¹⁹. Najważniejsze reakcje degradujące drewno to zaś: hydroliza, depolimeryzacja, utlenianie, a także reakcje podstawienia i sieciowania zachodzące w polisacharydach i ligninie²⁰. Jako dodatkowe procesy mające wpływ na pogorszenie właściwości mechanicznych, a związane z higroskopijnością drewna i soli nieorganicznych, podawano procesy fizyczne, takie jak pęcznienie i kurczenie się drewna, a także krystalizacja i rekrystalizacja higroskopijnych soli²¹. Jak przyznają sami autorzy, wymienione powyżej reakcje zachodzą jednocześnie i wpływają na siebie nawzajem. Proporcje reakcji i ich wpływ na degradację elementów drewnianych nie zostały jeszcze wyjaśnione²².

Przyczyny występowania korozji chemicznej w drewnianych barakach na terenie dawnego KL Auschwitz II – Birkenau

Stan zachowania drewna a wyniki kwerendy archiwalnej pod kątem stosowanych preparatów

Na odcinku kwarantanny dawnego obozu Auschwitz II – Birkenau zachowało się 20 baraków drewnianych. Korozja chemiczna występuje w 16 (zob. tab. 1).

Tabela 1. Dane z przeglądu baraków w 2022 roku wykonanego pod kątem występującej korozji chemicznej

Uwagi dotyczące korozji	Skala korozji	Zakres procentowy uszkodzonej przez korozję powierzchni wnętrza (skala korozji)	Baraki (w nawiasie podano zakresy głębokości korozji, mierzonej suwmiarką do oporu zdrowych włókien [mm])
Brak	0	0	B-153 (0), B-154 (0), B-159 (0), B-165 (0)
Niewielka	1	0,1-25	B-156 (0-1), B-157 (0-1), B-162 (0-0,5), B-164 (0-0,5), B-166 (0-1), B-168 (0-1), B-171 (0-2)
Średnia	2	25,1-50	B-160 (0-3), B-161 (0-3), B-169 (0-2), B-210 (0-3)
Duża	3	50,1-75	B-155 (0-3), B-158 (0-4), B-167 (0-6) ²³
Bardzo duża	4	75,1-100	B-163 (0-6), B-170 (0-6)

Baraki wykonano z drewna iglastego. Przeprowadzone w ostatnich latach badania elementów historycznych wykazały występowanie w każdym z nich od dwóch do trzech gatunków drewna: świerkowego (*Picea*), sosnowego (*Pinus silvestris* L.) i jodłowego (*Abies*)²⁴. Według niemieckiej

¹⁷ P. Witomski et al., *Korozja zabytkowych więźb dachowych [w:] Pod lupą konserwatora. Wymiana doświadczeń w kontekście rewitalizacji zamku w Lidzbarku Warmińskim*, Lidzbark Warmiński–Olsztyn 2016, s. 120.

¹⁸ T. Tribulová, F. Kačík, D.V. Evtuguin, *Impacts of inorganic chemicals...*, op. cit., s. 16.

¹⁹ Ibidem („Deterioration of wood polymers in varying extent occurs by direct reaction of the chemical compounds with wood and/or due to their catalytic action [...]”).

²⁰ Ibidem.

²¹ Ibidem, s. 7.

²² Ibidem, s. 16 („Trudności tkwią w złożoności monitorowanych systemów oraz w połączeniu różnych czynników działających w procesie starzenia materiałów lignocelulozowych” [oryg. „The difficulties lie in the complexity of the monitored systems and in the combination of different acting factors in the aging process of lignocellulosic materials”]).

²³ Proces korozji chemicznej zatrzymano podczas kompleksowej konserwacji wykonanej w latach 2018–2021.

²⁴ Na podstawie dokumentacji z prac konserwatorskich dla baraków drewnianych B-154, B-159 i B-167 (M. Domańska, K. Stalmach, *Dokumentacja prac remontowo-budowlanych oraz konserwatorskich baraku*

instrukcji montażu baraków końcowym etapem produkcji elementów drewnianych była impregnacja destylatem z oleju smołowego o nazwie Impral lub Alon²⁵. Nie zostały odnalezione informacje o impregnacji ogniochronnej z tego czasu ani z czasu funkcjonowania obozu – prawdopodobnie nie została przeprowadzona.

W latach powojennych w omawianych obiektach wielokrotnie i w różnych konfiguracjach stosowano środki ochrony drewna o zróżnicowanym składzie chemicznym. Aplikowano je na trzy sposoby: powłokowo (natrysk i powlekanie pędzlem), poprzez kąpiel oraz za pomocą agregatu próżniowo-ciśnieniowego²⁶. Z zachowanych dokumentów i obserwacji wiadomo, że środki ochrony nakładano w różnym zakresie – na wszystkie elementy baraku, tylko na wybrane elementy, na przykład panele ścienne, lub wyłącznie na ich fragmenty. Przykładowo podczas impregnacji preparatem na bazie olejów często omijano pozostałe pobiały. W związku ze stwierdzeniem korozji chemicznej drewna w barakach od 2014 roku nie stosowano już zabezpieczenia ogniochronnego w postaci środków chemicznych oraz ograniczono do minimum stosowanie wszelkich innych środków ochrony drewna²⁷. W tabelach poniżej zestawiono główne składniki środków ochrony stosowanych wybiórczo we wnętrzach baraków (tab. 2) oraz środki i metody aplikacji, które zostały wykorzystane w budynkach (tab. 3).

Tabela 2. Preparaty ogniochronne i biobójcze stosowane na terenie PMA-B w latach 1966–2012 oraz ich główne składniki

Środek ochrony drewna	Główne składniki
Soltox	Fluorek sodu, pentachlorofenol sodu, ortofenylofenol sodu
Soltox R-12	Związki miedzi, chromu cynku, sodu i boru
Xylamit	Chlorowane polifenole i naftaleny
Xylamit żeglarski	Chlorowane fenole i naftaleny, olej wrzecionowy i solarowy, pentachlorofenol
Ogniochron	Sole amonowe kwasu fosforowego i siarkowego, mocznik, związki boru
FireSmart Bio-P/Poż	Diwodorofosforan amonu, kwas borny, mocznik, biobójcze dodatki organiczne
Fobos M-4	Sole amonowe kwasu fosforowego i siarkowego, związki boru, dodatki organiczne
Imrapol PQ 40	Zasadowy węglan miedzi, kwas borowy, związki alkiloamoniowe
Antox Z	Środek biobójczy organiczny: karboksylan, tributyllocyny, endosulfan
Xyladecor	Środek powłokowy organiczny: dichlorfluanid, glikol propylenowy, benzyna

drewnianego o nr inw. B-154 na odcinku BIIa na terenie PMA-B w Brzezince, [b.m.] 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B; eidem, *Dokumentacja prac remontowo-budowlanych oraz konserwatorskich baraku drewnianego o nr inw. B-159 na odcinku BIIa na terenie PMA-B w Brzezince*, [b.m.] 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B; M. Bobek, *Dokumentacja opisowa i fotograficzna prac konserwatorskich i robót budowlanych dotycząca baraku drewnianego B-167 zlokalizowanego na terenie byłego niemieckiego nazistowskiego obozu koncentracyjnego i zagłady KL Auschwitz II-Birkenau*, Oświęcim 2021, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B). Badania drewna wykonał mgr Jan Ptak z ASP w Krakowie. Zidentyfikowano drewno świerkowe, sosnowe i jodłowe w baraku B-154, świerkowe i jodłowe w baraku B-159 oraz sosnowe i jodłowe w baraku B-167.

²⁵ Administracja Naczelnego Dowództwa Wojsk Lądowych (Chef der Heeresrüstung und Befehlshaber des Ersatzheeres), *Opis budowlano-warsztatowy 260/9 (OKH.). Stajnie typu 260/9 (OKH.) td., wydanie 2 z dnia 1.7.1940*, Archiwum PMA-B, przeł. PMA-B.

²⁶ W dokumentach archiwalnych najczęściej brakuje dokładnej informacji, jakiej metody użyto w celu wprowadzenia preparatu w drewno. Zazwyczaj ten zabieg nazywany jest ogólnie „impregnacją”.

²⁷ Od tego czasu wykonano konserwację baraków B-154 i B-159, wschodniej połowy baraku B-210 oraz baraku B-167 i rozpoczęto konserwację baraku B-170.

Tabela 3. Środki ochrony drewna i metody aplikacji zastosowane we wnętrzach baraków drewnianych na terenie PMA-B w latach 1966–2012

Środek ochrony drewna (rok stosowania)	Metoda impregnacji		
	Powlekanie, natrysk	Kąpiel	Metoda próżniowo-ciśnieniowa
Soltox (1966, 1970)	aplikacja jednokrotna: B-153, B-155, B-156, B-157, B-158, B-159, B-167, B-169 aplikacja dwukrotna: B-160, B-161, B-163, B-164, B-166, B-168, B-170, B-171		
Soltox R-12 (1993)	B-153		
Xylamit (1966–1987)	B-153 (?), B-154, B-155, B-156, B-157, B-160, B-161, B-162, B-164, B-166, B-167, B-168, B-171, B-210		
Ogniochron (1995–2005)	B-160 i B-161 (impregnacja tylko desek wewnętrznych z grubą warstwą środka Xylamit na powierzchni)		B-158, B-163, B-167, B-170
FireSmart Bio-P/Pož (2011, 2012)	B-155, B-166, B-171, B-210		
Fobos M-4 (2006, 2007)	B-156 i B-157 (impregnacja tylko desek wewnętrznych z grubą warstwą środka Xylamit na powierzchni)		
Imrapol PQ 40 (2004–2007)			B-156 i B-157 (elementy konstrukcyjne), B-160 i B-161 (wszystkie elementy)
Antox (1993–2002)	B-165, B-167 (lokalnie), B-168	B-164	
Xyladecor (1993–2001)	B-164, B-165, B-168, B-169		

Zauważono, że intensywność uszkodzeń drewna w wyniku zastosowanych środków ochrony jest zróżnicowana w ramach pojedynczego elementu, całego budynku, a także całego zespołu zachowanych baraków drewnianych. Na uszkodzenia mają wpływ rodzaj użytego środka, czas, który upłynął od ostatniej impregnacji, oraz metody impregnacji, co się przekłada na zawartość związków nieorganicznych w strukturze drewna. Uszkodzenia zależą również od stanu zachowania drewna w momencie wykonywania impregnacji i od tego, czy było ono impregnowane środkami o właściwościach hydrofobowych. Istotne jest również to, na jakim etapie środki hydrofobowe zostały użyte – przed wprowadzeniem soli czy po nim. Największe uszkodzenia występują zawsze na elementach historycznych. Elementy dodane po wojnie są uszkodzone w niewielkim stopniu²⁸. Różny stopień zaawansowania korozji może mieć związek także z tym, że istnieją różnice we wnikaniu preparatów w zależności od gatunku drewna.

Badania obecności składników preparatów używanych do ochrony drewna w elementach baraków

Badania miały na celu weryfikację danych zgromadzonych podczas kwerendy archiwalnej oraz dodatkowo sprawdzenie, czy za korozję chemiczną mogą być odpowiedzialne jeszcze inne preparaty, których zastosowanie nie zostało ujęte w dokumentacji obiektów dotyczącej przeprowadzonych w przeszłości prac. Wykonano badania drewna pod kątem obecności substancji nieorganicznych i organicznych.

Do badań związków nieorganicznych wytypowano barak, w którym nie występuje korozja chemiczna (B-153), oraz trzy baraki, w których ona występuje (B-155, B-167 i B-170). Próbkę pobrano na głębokości 0–2 mm z miejsc bez korozji (o) i z miejsc o różnym stopniu zaawansowania korozji (1, 2, 3, 4; każda kolejna cyfra oznacza większą głębokość korozji). Zbadano również próbkę referencyjną – nowe drewno świerkowe (próbka ref.). Wybór pierwiastków i jonów do oznaczenia był podyktowany kwerendą archiwalną pod kątem stosowanych w przeszłości preparatów oraz

²⁸ Jest to związane z lepszym stanem zachowania dodanych elementów, a także z tym, że zazwyczaj zostały one przesycone środkami ochrony drewna tylko raz.

kwerendą literaturową²⁹. Wszystkie próbki drewna zbadano, by sprawdzić, czy występują w nich pierwiastki i jony: Ca, Mg, K, Na, B, Cu, Cr, Zn, Mn, P, S, F, Cl, NO₃⁻, Br, SO₄²⁻, PO₄³⁻ i NH₄⁺. Do ilościowego oznaczenia wybranych pierwiastków i jonów użyto trzech metod badawczych³⁰. Metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-OES) oznaczono pierwiastki: Ca, Mg, K, Na, B, Cu, Cr, Zn, Mn, P i S. Metodą chromatografii jonowej (IC) oznaczono aniony: F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, Br⁻, SO₄²⁻ i PO₄³⁻. Metodą spektrofotometryczną (UV-Vis) oznaczono kation NH₄⁺.

Wyniki badań były następujące: we wszystkich próbkach drewna oznaczono niewielki poziom pierwiastków i jonów Ca, Mg, K, Na, B, Cu, Cr, Zn, Mn, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻ i Br⁻. We wszystkich próbkach poza referencyjną i barakiem, w którym korozja nie występowała, poziom jonów siarczanowych VI (SO₄²⁻), fosforanowych V (PO₄³⁻) i amonowych (NH₄⁺)³¹ kilkakrotnie przewyższał poziom pozostałych pierwiastków i jonów. W przypadku próbki B/167/4 z największym stopniem korozji poziom jonów SO₄²⁻, NH₄⁺ i PO₄³⁻ wynosił aż 95% wszystkich oznaczonych pierwiastków i jonów. Dla próbki B/153/7 pobranej z baraku, w którym korozja nie występowała, ilość omawianych jonów stanowiła 60%. W pozostałych próbkach omawiane jony stanowiły: 89% w próbce B/155/1, 91% w próbce B/155/2 i 93% w próbce B/170/6. W przypadku zbadanych próbek poziom jonów pochodzących od soli amonowych był zróżnicowany, co przekładało się na różny stopień zaawansowania korozji chemicznej (ryc. 1). W badanych próbkach zaobserwowano następującą zależność: im więcej jonów SO₄²⁻, NH₄⁺ i PO₄³⁻, tym większa była głębokość korozji³².

Literatura przedmiotu wskazuje, że to głównie związki nieorganiczne są odpowiedzialne za zniszczenia drewna w postaci korozji chemicznej³³. Ponieważ jednak część związków organicznych również ma zdolność krystalizacji (PCP, DDT, mocznik), sprawdzono zawartość tych substancji w drewnie. Te badania wykonano, aby określić stosunek substancji organicznych do nieorganicznych. Substancje organiczne zbadano w dwóch barakach – B-167 i B-170. Oznaczono je metodą chromatografii gazowej (GC-MS)³⁴. We wszystkich próbkach drewna zabytkowego zidentyfikowano biocydy: pentachlorofenol, toliłofluanid i tebuconazol³⁵. Tylko w próbce referencyjnej nie oznaczono tych substancji. Podobne ilości biocydów organicznych zidentyfikowano zarówno w drewnie uszkodzonym przez korozję chemiczną, jak i w nieuszkodzonym. Zawartość związków organicznych w badanych próbkach drewna jest bardzo mała w porównaniu z zawartością substancji nieorganicznych. Wynosi ona jedynie 0,001%.

²⁹ Między innymi: A. Unger, A.P. Schniewind, W. Unger, *Conservation of wood artifacts*, op. cit.; A. Schwar, *Fizyczno-mechaniczne badania...*, op. cit.; I. Kučerová et al., *Examination of damaged wood by ammonium phosphate and sulphate-based fire based fire retardants. The results of the Prague Castle roof timber examination* [w:] *Wood science for conservation of cultural heritage – Florence 2007*, red. L. Uzielli, Firenze 2009, s. 43–47, online: tinyurl.com/225nvnye, dostęp: 24.05.2021; I. Kučerová et al., *Defibring of historical roof beam...*, op. cit.; L. Reinprecht, *Wood deterioration...*, op. cit.; T. Tribulová, F. Kačík, D.V. Evtuguin, *Impacts of inorganic chemicals...*, op. cit.

³⁰ Badania zlecone przez PMA-B w ramach monitoringu korozji chemicznej prowadzonego w latach 2014–2017, wykonane przez laboratorium CentLab w Warszawie w 2017 roku.

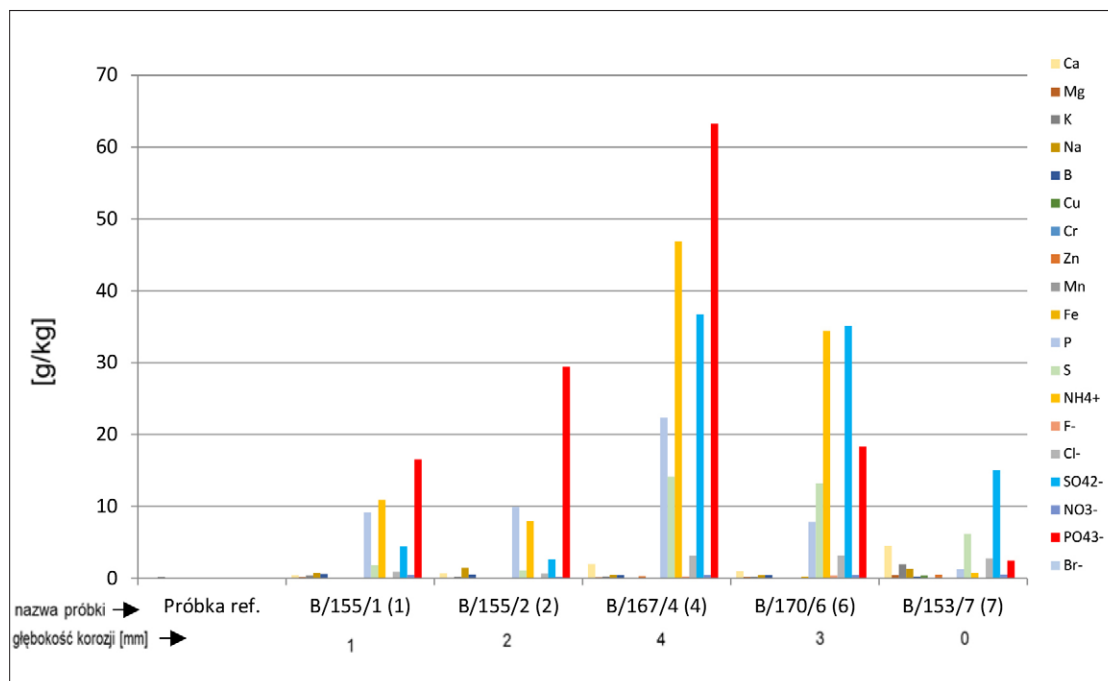
³¹ W dalszej części artykułu będzie on określany również mianem zasolenia.

³² Ta zależność w badanych próbkach podczas odsalania drewna baraku B-167 nie zawsze układa się w podobny sposób, to znaczy występują sytuacje, w których ocena wizualna stopnia korozji drewna nie pokrywa się z rzeczywistym stopniem zasolenia na powierzchni elementów do głębokości 0–2 mm. Konieczne są więc dalsze badania i obserwacje w tym zakresie.

³³ Tak podają między innymi: A. Schwar, *Fizyczno-mechaniczne badania...*, op. cit.; I. Kučerová et al., *Defibring of historical roof beam...*, op. cit.; I.Ch. Hennen et al., *Maceration historischer Dachkonstruktionen. Erhebung und Klassifizierung des Schadensumfangs in Sachsen-Anhalt. Entwicklung und Erprobung eines Schnelltestverfahrens (MATE)*, Stuttgart 2010, wersja polska: *Maceracja w zabytkowych konstrukcjach dachowych (MATE)*, przeł. Jacek Lachendro, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

³⁴ Badania zlecone przez PMA-B w ramach prac konserwatorskich przy baraku B-167 oraz opracowywania programu prac konserwatorskich dla baraku B-170, wykonane w 2020 roku w Laboratorium Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska ITB w Warszawie przez dr. inż. Adama Niesłochowskiego.

³⁵ Są to związki chemiczne, które stosowano przez lata w wielu różnych środkach ochrony drewna.



Rycina 1. Skład chemiczny próbek drewna pobranych z wybranych baraków drewnianych (B-155, B-167, B-170 i B-153) oraz próbki referencyjnej zestawiony z oceną stopnia korozji próbek

Figure 1. Chemical composition of wood samples taken from selected wooden barracks (B-155, B-167, B-170 and B-153) and the reference sample against an assessment of the degree of corrosion of the samples

Monitoring mikroklimatu baraków drewnianych

Mikroklimat wywiera bardzo duży wpływ na przebieg procesów korozyjnych z udziałem soli amonowych. Sole amonowe są higroskopijne i mają zdolność do zmiany stanu skupienia w zależności od względnej wilgotności powietrza oraz temperatury. Wśród zaleceń dotyczących postępowania z obiektami dotkniętymi korozją znalazła się stabilizacja mikroklimatu, co w przypadku drewnianych baraków jest niemożliwe ze względu na ich konstrukcję³⁶. Monitoring klimatu prowadzony w barakach B-167³⁷ i B-170³⁸ pokazuje, że przez ponad sześć miesięcy w roku wilgotność względna powietrza w baraku utrzymuje się na poziomie powyżej 80%³⁹. W pozostałych miesiącach widoczne jest z kolei duże i bardzo duże zróżnicowanie wilgotności względnej powietrza, której wartość mieści się w przedziale 30–90%⁴⁰. W baraku B-170 obserwowano okresy, w których przez kilka dni z rzędu wilgotność względna powietrza wzrastała w nocy do 85%, a w dzień – spadała nawet do 30%. Występujące wahania wilgotności względnej powietrza prowadzą do nawracających zmian faz skupienia soli obecnych w drewnie. W związku z tym w wyniku działania ciśnienia krystalizacyjnego dochodzi do uszkodzeń drewna⁴¹. Z kolei podwyższone wilgotność i temperatura przy dużych stężeniach soli sprzyjają zachodzeniu opisanych już wyżej reakcji chemicznych. Konkluzja

³⁶ W idealnej sytuacji, gdy chcemy zatrzymać korozję, stabilizujemy mikroklimat do niskich wartości wilgotności względnej powietrza. Wówczas większość soli krystalizuje i nie przechodzi więcej zmian faz skupienia. Jest sucho, więc nie ma też roztworu, który działa chemicznie na poszczególne składniki. Zmiana warunków brzegowych wilgotności względnej powietrza w drewnianym budynku typu barak niestety jest niemożliwa.

³⁷ J. Majka, W. Olek, *Badania nad sposobem konserwacji, zabezpieczania i wzmocnienia historycznych elementów drewnianych występujących w obiektach na terenie Państwowego Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu. Etap I. Monitoring mikroklimatu w obiektach drewnianych. Zakres wg zapisów w programie prac*, Poznań 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

³⁸ Monitoring prowadzony przez pracownię konserwatorskie PMA-B.

³⁹ J. Majka, W. Olek, *Badania nad sposobem konserwacji...*, op. cit., s. 56.

⁴⁰ Ibidem, s. 16.

⁴¹ A. Schwar, *Fizyczno-mechaniczne badania...*, op. cit., s. 105.

3 Dokumentacja kąta padania światła. Fot. M. Urban-Dąbek

Documentation of the angle of incidence. Photo: M. Urban-Dąbek

4 Barak B-163, miecz boczny MB₅PA z uszkodzeniami w wyniku korozji chemicznej. Usunięto fragment zdegradowanego drewna, by monitorować głębsze warstwy. Fot. M. Urban-Dąbek

- a) Stan w czerwcu 2014 roku
- b) Stan w lipcu 2015 roku
- c) Stan we wrześniu 2019 roku

Barracks B-163, knee brace of side pole MB₅PA with damage due to chemical corrosion. A section of degraded wood was removed to monitor the deeper layers. Photo: M. Urban-Dąbek

- a) Condition in June 2014
- b) Condition in July 2015
- c) Condition in September 2019

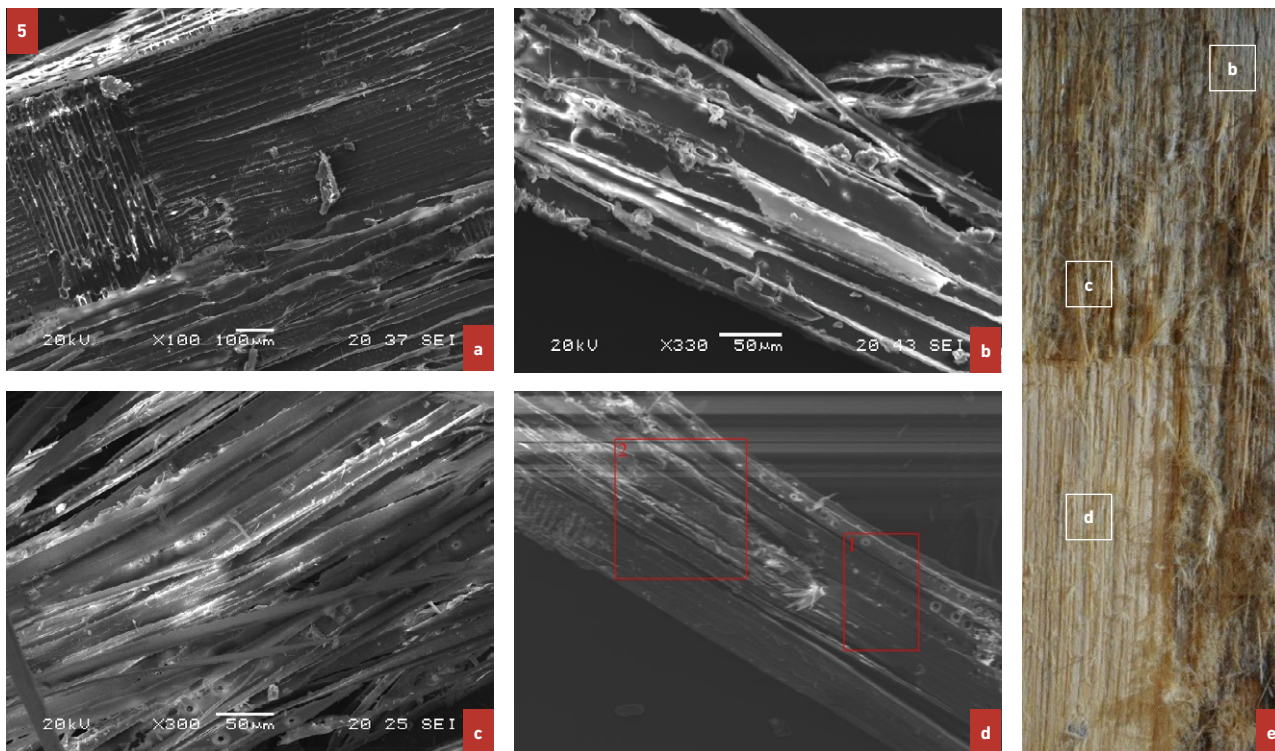


jest następująca: mikroklimat panujący w barakach stwarza doskonale warunki do zachodzenia procesów korozyjnych z udziałem soli amonowych.

Monitoring korozji chemicznej – makro- i mikroobserwacje

Do monitoringu wytypowano sześć baraków (B-155, B-159, B-163, B-169, B-170 i B-171). W każdym obserwowano od dwóch do czterech miejsc o różnym stopniu rozwłóknienia drewna lub jego braku. Miejsca te oznaczono i opisano z uwzględnieniem kąta padania światła bocznego, aby było możliwe odnotowanie nawet niewielkich zmian zakresu występowania korozji.

Prowadzono makroskopowe i mikroskopowe obserwacje drewna. Podczas makroobserwacji zauważono, że korozja postępuje w głąb danego elementu. W 2014 roku usunięto warstwę rozwłóknionego drewna na kilku elementach. Po paru latach okazało się, że po usunięciu zdegradowanego drewna korozja nadal postępuje. Zostało to uchwyczone na fotografiach porównawczych elementu, z którego usunięto niewielki obszar rozwłóknionego drewna, wykonanych w 2014, 2015 i 2019 roku. W przypadku tego elementu degradacja głębszych warstw jest widoczna już po upływie roku (fot. 4a i 4b). Nasuwa się wniosek, że eliminacja zniszczonego przez korozję chemiczną drewna nie zatrzymuje tego procesu, lecz go pogłębia. Warstwa rozwłóknionego drewna



5

Próbki pobrane z baraku B-170, panel PD24. Fot. M. Walczak

- a) Nowe drewno (świerkowe)
- b) Drewno nierozwłóknione
- c) Drewno mocno rozwłóknione
- d) Drewno z rozluźnionymi włóknami znajdujące się pod warstwą rozwłóknioną
- e) Fragment panelu ściennego: drewno nierozwłóknione (b), drewno mocno rozwłóknione (c) i drewno z rozluźnionymi włóknami znajdujące się pod warstwą rozwłóknioną (d)

Samples taken from barracks B-170, panel PD24. Photo: M. Walczak

- a) New wood (spruce)
- b) Non-defibred wood
- c) Heavily defibred wood
- d) Loose-fibred wood
- e) Fragment of a wall panel: non-defibred wood (b), heavily defibred wood (c) and loose-fibred wood located under the loosened layer (d)

stanowi rodzaj ochrony dla głębszych warstw, w których również występuje duże zasolenie⁴², lecz nie widać zniszczeń typowych dla powierzchniowych warstw drewna, w których dochodzi do gwałtownych reakcji chemicznych. Są one tym szybsze i bardziej niszczące, im wyższe są zasolenie i wilgotność drewna, ponieważ przy dużej wilgotności drewno lepiej przewodzi jony⁴³. Obserwowano również miejsca, w których korozja nie zwiększa swojego zakresu, czyli nie zwiększa się jej skala. Nie można jednak wykluczyć, że postępuje ona w głąb danego elementu.

Obserwacje mikroskopowe drewna znajdującego się pod rozwłóknioną warstwą sugerują, że w głębszych warstwach drewno ulega niszczeniu w wyniku oddziaływania sił fizycznych związanych w większym stopniu z naprężeniem powodowanym przez nierównomierny skurcz i pęcznienie drewna niż z reakcjami chemicznymi (fot. 5d). Analizowano próbki nowego i zabytkowego drewna

⁴² Na co wskazują nie tylko zachowanie głębszych warstw drewna po ich odsłonięciu, lecz także liczne badania drewna przeprowadzone w trakcie monitoringu korozji chemicznej i konserwacji baraku B-167. Wyniki badań pokazujące zasolenie na różnych głębokościach (poprzeczny profil soli) potwierdzają, że ilość soli bezpośrednio pod rozwłóknionym drewnem jest zbliżona, często większa niż w warstwie rozwłóknionej (ryc. 13 i 14 – por. zasolenie na głębokości 0–2 i 2–4 mm przed odsalaniem).

⁴³ T. Tribulová, F. Kačík, D.V. Evtuguin, *Impacts of inorganic chemicals...*, op. cit., s. 8.

pobranego z baraku B-170. Obrazy mikroskopowe zestawiono ze zdjęciem makroskopowym fragmentu panelu, z którego zostały pobrane próbki. Drewno nowe i drewno nierozwłóknione (fot. 5a i 5b) cechuje się najbardziej zwartą strukturą. Drewno rozwłóknione (fot. 5c) ma na powierzchni całkowicie zdeintegrowane włókna. Głębiej, pod drewnem rozwłóknionym, miejscowo widoczne są różnych rozmiarów szczeliny, ale typowa korozja chemiczna, której objaw stanowią rozdrobnione i wstające włókna, nie jest jeszcze zauważalna.

Zatrzymanie procesu korozji chemicznej drewna

Kryteria wyboru metody służącej do zatrzymania procesu korozji chemicznej są podyktowane przede wszystkim ogólnymi standardami przyjętymi w kodeksie etyki konserwatorskiej (zachowanie substancji zabytkowej i minimalna ingerencja w jej strukturę, odwracalność stosowanych metod, stworzenie bezpiecznych warunków dla obiektu zabytkowego i zapewnienie mu jak najdłuższego trwania). W związku z tym pojawiły się pytania, jak zatrzymać ten niszczący proces i jakie środki zastosować w tym celu.

W literaturze⁴⁴ są wymieniane następujące metody zatrzymania korozji chemicznej drewna:

1. redukcja zawartości soli przez działanie mechanicznie (zeszlifowanie powierzchni, usunięcie rozwłóknień, na przykład szczotkami);
2. redukcja zawartości soli przy użyciu kompresów;
3. stabilizacja mikroklimatu;
4. zmiana właściwości soli (neutralizacja, zamiana soli rozpuszczalnych w nierozpuszczalne);
5. redukcja zdolności przyjmowania i oddawania wilgoci przez drewno (środki powłokowe, środki impregnujące).

W większości te metody ocenia się jednak negatywnie, ponieważ powodują one utratę substancji zabytkowej (1), są niemożliwe do zastosowania z uwagi na konstrukcję obiektu (3) albo nieskuteczne – krystalizacja soli i zniszczenia drewna mimo wszystko nadal postępują (4, 1) – zmieniają wygląd i strukturę drewna, są nieodwracalne (5). W przypadku drewna impregnowanego siarczanem amonu pozytywnie oceniane jest połączenie metody 2 (odsalenie kompresami) i 4 (oddziaływanie octanem baru)⁴⁵. Ta ostatnia służy przekształceniu soli w stabilny związek chemiczny i zatrzymaniu dyfuzji wody na powierzchni drewna. Przykładem tego rodzaju procesu może być dezaktywacja kwasu siarkowego przez wytrącanie siarczanu baru: $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_4$ ⁴⁶. Ta metoda powoduje jednak wprowadzenie kolejnych związków chemicznych w drewnianą substancję zabytkową, które w przyszłości mogą się stać przyczyną dalszych, nierozpoznanych jeszcze problemów.

Pośród wyżej wymienionych skuteczną, mieszczącą się w granicach etyki konserwatorskiej metodą jest redukcja soli przy użyciu kompresów. Inny godny uwagi sposób, niewzmiankowany w literaturze w odniesieniu do zatrzymywania korozji chemicznej, to kąpiel, która podobnie jak odsalanie kompresami pozwala zredukować zawartość soli przy jednoczesnym zachowaniu drewnianej substancji zabytkowej.

⁴⁴ Między innymi: A. Schwar, *Fizyczno-mechaniczne badania...*, op. cit.; U. Schümann, *Stanowisko rzeczoznawcy w sprawie usuwania szkód macerowania występujących po wcześniejszym zastosowaniu środków ochrony drewna w konstrukcji dachu katedry w Bad Doberan*, [b.m.] 2007, przeł. Jacek Lech, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B; I. Kučerová et al., *Defibring of historical roof beam...*, op. cit.; M. Drdácý et al., *Man made hazards in conservation practice – case studies. Ryzyko spowodowane przez człowieka w praktyce konserwacji – studia przypadków*, „Wiadomości Konserwatorskie. Conservation News” 2009, nr 26, s. 224–233, online: tinyurl.com/3hbu3ne7, dostęp: 24.05.2022; I. Ch. Hennen et al., *Mazeration historischer Dachkonstruktionen. Entwicklung und Erprobung von Verfahren zur Schadensminderung und -bekämpfung (MATEKUR)*, Stuttgart 2015, online: tinyurl.com/574fjhfn, dostęp: 10.11.2021.

⁴⁵ I. Ch. Hennen et al., *Mazeration historischer Dachkonstruktionen. Entwicklung und Erprobung...*, s. 3.

⁴⁶ Ibidem.

Redukcja soli w drewnie za pomocą kąpeli i kompresów

W związku z zastosowaniem kąpeli i kompresów jako metod odsalania pojawiły się dwa główne kwestie. Po pierwsze, do jakich stężeń zredukować sole, aby drewno było bezpieczne. Po drugie zaś, jaką wybrać technikę i technologię odsalania – jakie zastosować materiały i które metody odsalające są najbardziej efektywne i bezpieczne dla drewna.

Bezpieczna zawartość soli w drewnie

Bezpieczna zawartość soli w drewnie to taka, która nie powoduje jego uszkodzeń w wyniku reakcji fizycznych i chemicznych. Wspomniana już praca Andreasa Schwara dostarcza wiedzy o warunkach, w jakich sole diwodorofosforan amonu i siarczan amonu tworzą fazy roztworu lub krystalizacji. Przekroczenie krytycznych wartości względnej wilgotności powietrza prowadzi do krystalizacji soli oraz do wytworzenia się ciśnienia krystalizacyjnego, które szkodzi drewnu. Według Schwara bezpieczna zawartość soli wynosi mniej niż 20 g na 1 kg drewna. Poniżej tej wartości przy wilgotności względnej powietrza mieszczącej się w zakresie 20–95% nie będzie dochodzić do krystalizacji soli⁴⁷, a izotermy sorpcji drewna zabezpieczonego środkami ochrony będą takie same jak w drewnie niezabezpieczonym⁴⁸. Przeprowadzone konsultacje ze specjalistami z dziedziny mikrobiologii i chemii drewna pozwalają przyjąć, że sole amonowe, zwłaszcza fosforan amonu, powinny być całkowicie ekstrahowane z drewna, ponieważ nawet jego niewielkie ilości mogą stanowić pożywkę dla mikroorganizmów. Ocena wpływu resztkowych soli na odporność mikrobiologiczną drewna baraków nie stała się jednak dotąd przedmiotem analiz autorów ani w zakresie badań drewna, ani w zakresie kwerendy literaturowej.

Próby ekstrakcji związków chemicznych z drewna

W 2015 roku zespół pracowników PMA-B w ramach projektu badawczego realizowanego jako jedno z działań Globalnego Planu Konserwacji wspólnie z zespołem naukowców z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu prowadził badania przyczyn dezintegracji drewna i pierwsze próby ekstrakcji związków chemicznych⁴⁹. Stworzono układ pozwalający na ciągłe dozowanie wody dejonizowanej i odbieranie na bieżąco roztworu zawierającego wyekstrahowane związki chemiczne z drewnianych elementów baraków. Wykonano próbę ekstrakcji oraz przeprowadzono analizę roztworu poekstrakcyjnego pod kątem zawartości boru i fosforanów. Efektywność tych badań okazała się niewymierna, a ocena metody – niemożliwa, ponieważ kontrolę prowadzono tylko na płaszczyźnie wody poekstrakcyjnej, nie zbadano zaś poziomu soli w drewnie przed przystąpieniem do prób i po ich zakończeniu. Z uwagi na to konieczne było wykonanie dalszych prób. Ostatecznie muzeum nie zdecydowało się na ekstrakcję w zaproponowany sposób.

W literaturze przedmiotu dr inż. Uwe Schümann, członek Związku Specjalistów do spraw Ochrony Drewna w Niemczech Północnych⁵⁰, proponuje metodę czyszczenia próżniowo-ciśnieniowego (*Vakuum-Waschverfahren*) jako bezpieczną i odpowiednią do dekontaminacji drewna zanieczyszczonego szkodliwymi substancjami. Zasierowawszy się tą rekomendacją, w 2016 roku pracownicy PMA-B⁵¹ wykonali próby ekstrakcji substancji chemicznych za pomocą właściwego urządzenia⁵². Otrzymane wyniki badań drewna, które wykonano przed zastosowaniem omawianej metody i po jej zastosowaniu, pozwalają jednak uznać ją za niewystarczająco skuteczną do samodzielnego stosowania.

⁴⁷ Ibidem, s. 105–118.

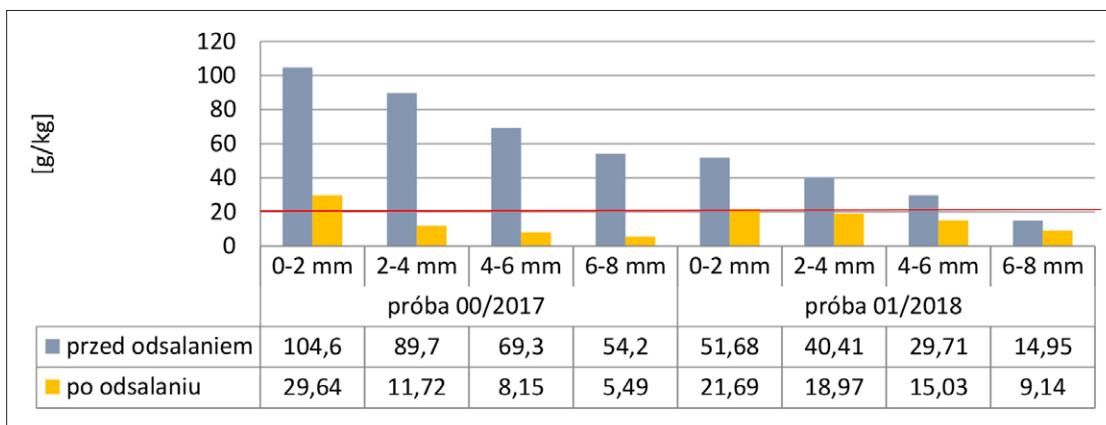
⁴⁸ Ibidem, s. 171–172.

⁴⁹ G. Cofta et. al., *Badania nad sposobem konserwacji, zabezpieczenia i wzmocnienia historycznych elementów drewnianych występujących w obiektach na terenie Państwowego Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu. Etap IV. Analiza drewna z baraków drewnianych pod kątem ustalenia przyczyn jego dezintegracji*, Poznań–Kraków–Warszawa 2015, s. 16–19, wydruk archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

⁵⁰ Uwe Schümann jest rzeczoznawcą w sprawie usuwania szkód powstałych w wyniku maceracji po wcześniejszym zastosowaniu środków ochrony drewna w konstrukcji dachu katedry w Bad Doberan.

⁵¹ Maria Urban-Dąbek, Adam de Sas Topolnicki, Anita Janiga i Karolina Budkowska.

⁵² Wykorzystano urządzenie Gregomatic wypożyczone od firmy Restauro w Toruniu.



Rycina 2. Zawartość jonów PO_4^{3-} , SO_4^{2-} i NH_4^+ przed odsalaniem i po odsalaniu. Czerwona linia wskazuje minimalny wymagany poziom odsolenia (20 g/kg). Wyniki badań dla próby 01/2018. Źródło: N. Gruszczyk, Szczegółowe wytyczne do Programu prac konserwatorskich dla baraku drewnianego o nr. inw. B-167 zlokalizowanego na terenie byłego KL Auschwitz II-Birkenau, PMA-B, Oświęcim 2018, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B

Figure 2. Content of PO_4^{3-} , SO_4^{2-} and NH_4^+ ions before and after desalination. The red line indicates the minimum required level of desalination (20 g/kg). Test results for sample 01/2018. Source: N. Gruszczyk, Szczegółowe wytyczne do Programu prac konserwatorskich dla baraku drewnianego o nr. inw. B-167 zlokalizowanego na terenie byłego KL Auschwitz II-Birkenau (Detailed guidelines for Programme for conservation work on the wooden barracks inv. no. B-167 located on the site of the former KL Auschwitz II-Birkenau), PMA-B, Oświęcim 2018, hard copy in the archives of the Conservation Department of the PMA-B

W 2017 i 2018 roku pracownicy PMA-B prowadzili próby odsalania drewna metodą kąpeli i kompresów⁵³, by ocenić skuteczność i bezpieczeństwo metody. Program prowadzenia obu prób był bardzo podobny – obejmował odsalanie drewna metodą kąpeli i kompresów oraz badanie próbek drewna (przed odsalaniem i po nim), kompresów oraz wody ekstrakcyjnej przez oznaczanie ilościowej zawartości jonów PO_4^{3-} , SO_4^{2-} i NH_4^+ metodami IC oraz UV-Vis.

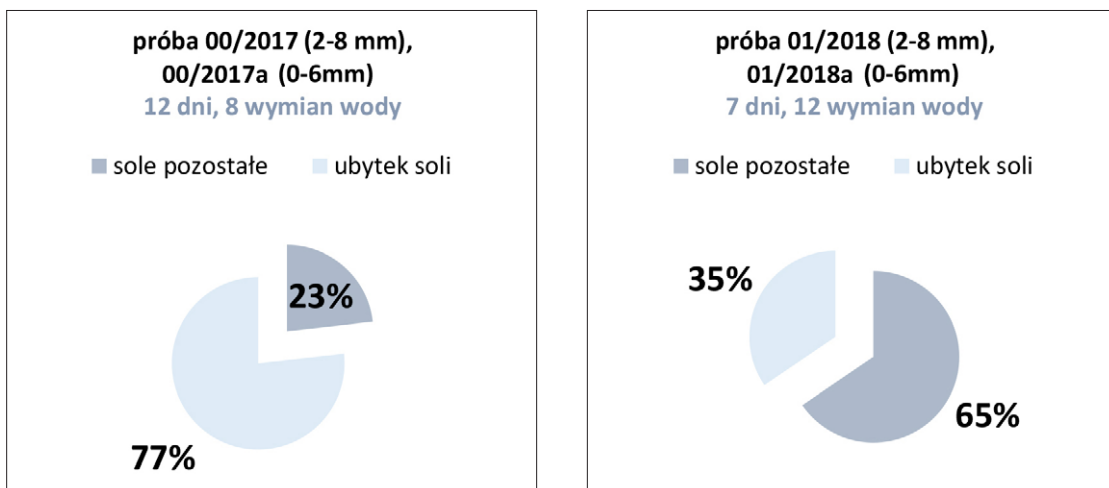
Powtórzenie prób odsalania metodą kąpeli (próba 01/2018) służyło przede wszystkim sprawdzeniu, jak odwrócenie proporcji związanych z liczbą dni kąpeli i wymian wody zastosowanych podczas próby 00/2017 wpłynie na efektywność odsalania drewna. Próbki drewna pobierano do głębokości 8 mm (metoda kąpeli, próba 2017 i próba 2018) i w całym przekroju 0–17 mm (metoda kompresów, próba 2018). Badania wykazały wyższe początkowe zasolenie drewna w próbie 00/2017 niż w próbie 01/2018 (ryc. 2). Na podstawie przeprowadzonych prób stwierdzono, że efektywność odsalania zależy bardziej od długości kąpeli niż od częstotliwości wymiany wody⁵⁴. Nie jest to jednak zależność wprost proporcjonalna (ryc. 4 – linie wykresu nie przebiegają równolegle). Oznaczało to, że oprócz czasu kąpeli na stopień odsolenia drewna mogą mieć wpływ jeszcze inne parametry, takie jak stan zachowania elementu drewnianego⁵⁵ czy poziom wyjściowy soli. Po przeprowadzonych próbach uznano, że odsalanie metodą kąpeli jest efektywne, bezpieczne i odpowiednie do odsalania drewna bez warstw malarskich.

Próby odsalania drewna metodą kompresów wykonano z wykorzystaniem okładów o zróżnicowanym składzie. Było to podyktowane różnorodną wielkością porów w drewnie iglastym – od

⁵³ Zespół w 2017 roku: konserwator Maria Urban-Dąbek, chemik Anita Janiga (Pracownie Konserwatorskie PMA-B); zespół w 2018 roku: konserwator Natalia Gruszczyk (Dział Konserwacji PMA-B), chemik Grzegorz Kosycarz (Pracownie Konserwatorskie PMA-B).

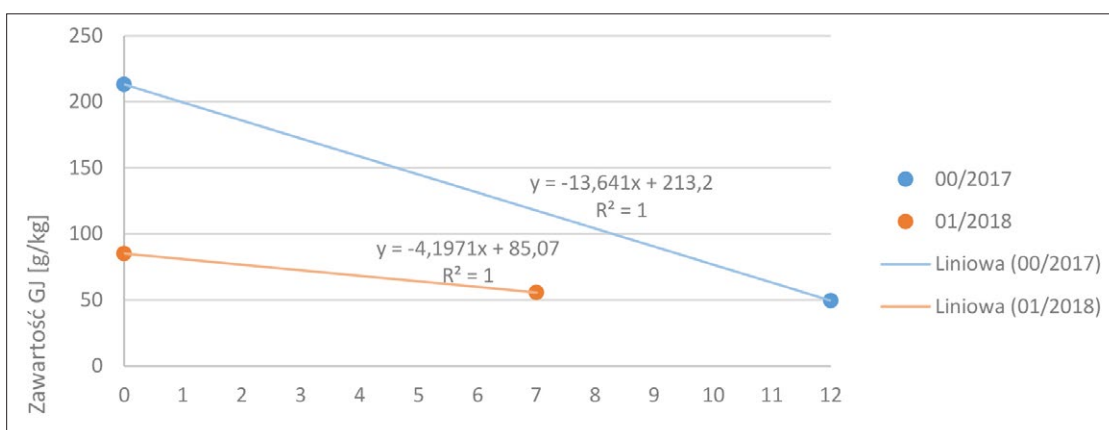
⁵⁴ Próba 00/2017 – badania zlecone przez Marię Urban-Dąbek, wykonane przez Anitę Janigę w laboratorium Pracowni Konserwatorskich PMA-B w 2017 roku; próba 01/2018 – badania zlecone przez Natalię Gruszczyk (Dział Konserwacji PMA-B), wykonane przez laboratorium CentLab w Warszawie w 2018 roku.

⁵⁵ Z drewna o mniej zwartej strukturze jony dyfundują łatwiej niż z drewna o zwartej strukturze. Również obecność impregnatów o właściwościach hydrofobowych ma wpływ na efekty odsalania, ponieważ takie preparaty mogą spowalniać ten proces.



Rycina 3. Zestawienie dwóch kąpielei wykonanych w 2017 i 2018 roku. Dane dla drewna desek z baraku B-167 na głębokości 6 mm (trzy próbki drewna). Do porównania nie brano pod uwagę próbek na głębokości 0–2 mm przed odsalaniem, ponieważ zostały one usunięte podczas oczyszczania

Figure 3. Comparison of two baths performed in 2017 and 2018. Data for the wooden boards from barracks B-167 at a depth of 6 mm (three wood samples). Samples at a depth of 0–2 mm before desalination were not considered for comparison because they were removed during cleaning



Rycina 4. Korelacja dwóch prób odsalania (elementy o różnym stopniu zasolenia) przeprowadzonych metodą kąpielei statycznej. Dane dla desek na głębokości 0–6 mm

Figure 4. Correlation of two desalination tests (elements with different levels of salinity) carried out using the static bath method. Data for the wooden boards at a depth of 0–6 mm

bardzo małych (przestrzenie submikroskopowe <0,1 μm) do bardzo dużych (światło cewek nawet do 45 μm). Próby odsalania miały na celu wytypowanie kompresu dającego najlepsze efekty. Podczas prób kontrolowano wilgotność drewna i sterowano mikroklimatem komory, w której były sezonowane okładki, tak aby drewno wysychało wolniej niż kompres. Efektywność procesu oceniano przez badania próbek kompresów i drewna.

Na proces odsalania metodą okładków składały się trzy etapy:

1. Rozpuszczenie soli w drewnie przez wprowadzenie wody demineralizowanej.
2. Nałożenie kompresów odsalających. W przypadku próby 2017 wykonano kompresy k1–k5, które nakładano w dwóch seriach z przodu deski⁵⁶. W przypadku próby 2018

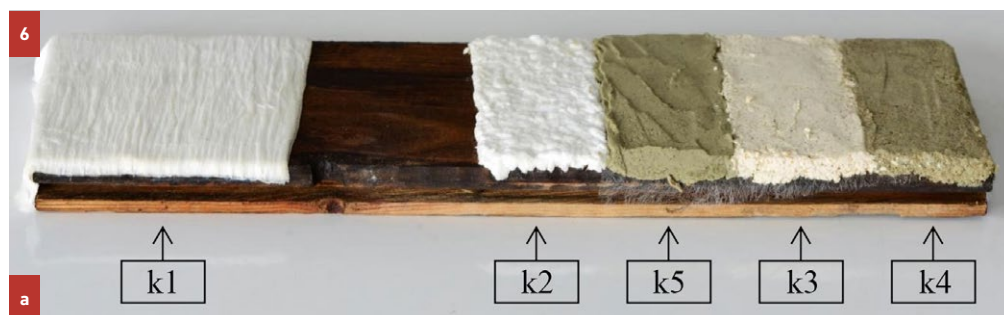
⁵⁶ Za przód deski jest uznawana wyeksponowana do wnętrza baraku strona deski, za tył deski – strona deski zwrócona ku wnętrzu panelu.

wykonano kompres k2' (po jednej serii z przodu i z tyłu deski), kompres k2'' (w dwóch seriach z przodu deski) oraz kompres k6 (w dwóch seriach z przodu i jednej serii z tyłu). Nałożono również jedną serię kompresu k5'.

3. Sezonowanie kompresów do momentu uzyskania równoważnej wilgotności drewna na poziomie 15–18%.

Tabela 4. Charakterystyka okładów użytych podczas prób odsalania drewna baraku B-167⁵⁷

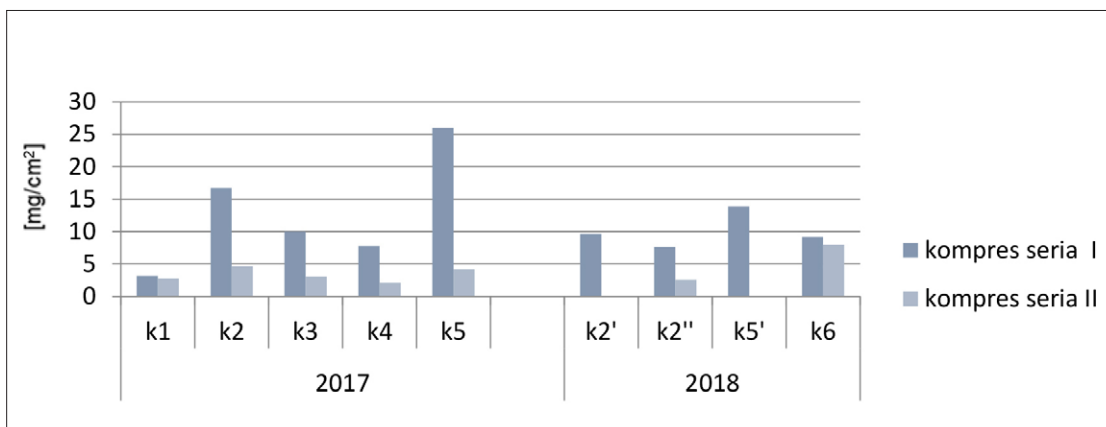
Skład	Typ kompresu (k1, k2, k3, k4, k5, k2', k2'', k5', k6)	Grubość kompresu [mm]	Proporcje składników [g]	Rozmiar kruszywa [mm]	Proporcje wody i suchego okładu [g]	Zakres wielkości porów występujących w okładzie [μm]
Lignina (próba 2017)	1	1,5	–	–	4:1	15–20
Arbocel BC1000 (próba 2017 i próba 2018)	2	5	–	–	5:1	10–30
Arbocel BW40, kaolin, piasek (próba 2017)	3	5	1:2:1	0,5-1	0,8:1	1,8
Arbocel BW40, bentonit piasek (próba 2017)	4	5	1:2:9	0,5-1	0,4:1	5–100
Arbocel BW40, bentonit piasek (próba 2017 i próba 2018)	5	5	1:2:1	0,5-1	0,96:1	0,5–5
Arbocel BW40 (próba 2018)	6	4–5	–	–	5:1	15–20



6 Próba 2017, deska B, barak B-167, panel Z40. Fot. M. Urban-Dąbek
a) Deska z nałożoną pierwszą serią kompresów typu 1, 2, 3, 4 i 5
b) Deska po zdjęciu kompresów

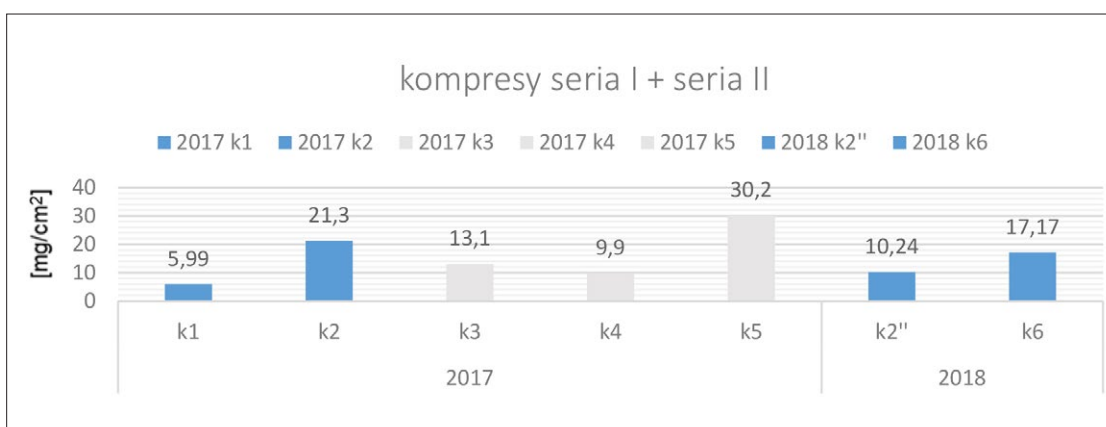
Trial 2017, board B, barracks B-167, panel Z40. Photo: M. Urban-Dąbek
a) A board with the first series of compresses of types 1, 2, 3, 4 and 5 applied
b) Board after removing the compresses

⁵⁷ Wybrano na podstawie D. Białek-Kostecka et al., *Badania techniki, technologii i stanu zachowania nawarstwień malarskich występujących w obiektach na terenie Państwowego Muzeum Auschwitz-Birkenau oraz badania nad opracowaniem metod ich konserwacji i zabezpieczenia*, Kraków 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B, s. 146–148.



Rycina 5. Masa soli wyekstrahowanych z drewna przez poszczególne kompresy podczas próby 2017 (deska B) i 2018 (deska K)

Figure 5. Salt masses extracted from the wood by individual compresses during the 2017 (board B) and 2018 (board K) trials



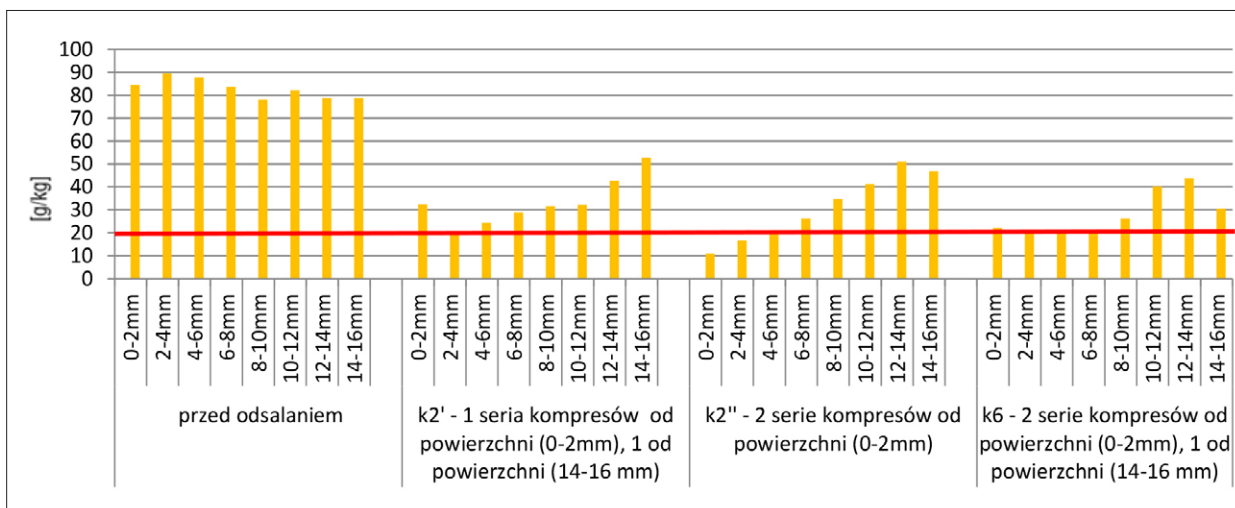
Rycina 6. Masa soli, które przeszły do 1 cm² kompresu podczas dwóch serii procesu odsalania. Dane dla próby 2017 (deska B, kompresy k1, k2, k3, k4 i k5) i próby 2018 (deska K, kompresy k2'' i k6). Szarym kolorem zaznaczono kompresy, które dały zadowalające efekty odsalające, ale spowodowały trudne do usunięcia zabrudzenia, dlatego zostały wykluczone z dalszego procesu odsalania

Figure 6. The salt masses that transferred to 1 cm² of the compress during two series of the desalination process. Data for the 2017 sample (board B, compresses k1, k2, k3, k4 and k5) and the 2018 sample (board K, compresses k2'' and k6). The compresses that gave satisfactory desalination effects, but caused dirt that was difficult to remove, are marked in grey and were therefore excluded from any further desalination process

Kompresy k3, k4 i k5, które wykazały dobrą efektywność odsalania (ryc. 5 i 6), nie mogą być stosowane do odsalania drewna, ponieważ mimo izolacji (2–3 warstwy bibuły japońskiej) powodowały trudne do usunięcia zabrudzenia powierzchni odsalanego elementu (fot. 6b). Wyniki badań kompresów wykazały, że w przypadku kompresów k2, k3, k4 i k5 podczas pierwszej serii udało się wyekstrahować zdecydowanie większą ilość badanych jonów niż podczas drugiej serii⁵⁸ (ryc. 5).

Na ryc. 7 przedstawiono wyniki badań z próby 01/2018. Próbkę pobrano w miejscu wykonania kompresów typu 2 (k2', k2'') i typu 6 (k6). Poziom soli w drewnie po dwóch seriach zastosowania kompresów był nadal wysoki. Osiągał 20 g/kg tylko na głębokości 0–6 mm w przypadku

⁵⁸ Próba 00/2017 – badania zlecone przez Marię Urban-Dąbek (Pracownie Konserwatorskie PMA-B), wykonane przez Anitę Janigę w laboratorium Pracowni Konserwatorskich PMA-B w 2017 roku; próba 01/2018 – badania zlecone przez Natalię Gruszczyk (Dział Konserwacji PMA-B), wykonane przez Grzegorza Kosycarza w laboratorium Pracowni Konserwatorskich PMA-B w 2018 roku.



Rycina 7. Zasolenie próbek drewna z baraku B-167, deska K przed nałożeniem kompresów i po ich nałożeniu. Czerwona linia wyznacza górną granicę bezpiecznego poziomu soli (20 g/kg)

Figure 5. Salt masses extracted from the wood by individual compresses during the 2017 (board B) and 2018 (board K) trials

kompresu typu 2 (k2'') i na głębokości 0–8 mm w przypadku kompresu typu 6 (k6). W związku z tym do odsalania drewna zaproponowano użycie kompresu typu 2 lub 6 (tab. 4). Przyjęto, że należy wykonać trzy serie kompresów (dwie od przodu deski i jedną od tyłu) i nadal kontrolować proces odsalania. W przypadku utrzymywania się zasolenia drewna po odsalaniu na poziomie powyżej 20 g/kg konieczne jest powtórzenie procesu odsalania z odpowiednio dobraną liczbą serii kompresów, w zależności od poziomu zasolenia.

Odsalanie drewnianych elementów baraku B-167 podczas kompleksowej konserwacji budynku

W 2019 roku w ramach projektu PMA-B, realizowanego dzięki wsparciu finansowemu Fundacji Auschwitz-Birkenau, rozpoczął się projekt obejmujący roboty budowlane i prace konserwatorskie przy drewnianym baraku o numerze inwentaryzacyjnym B-167 (zgodnie z numeracją obozową – baraku numer 14)⁵⁹. Barak B-167 był pierwszym tego typu budynkiem, w którym wdrożono proces odsalania drewna. Próby prowadzone dotąd w warunkach laboratoryjnych na pojedynczych deskach przekute zostały na odsalanie większości drewnianych elementów baraku.

Barak drewniany, który powstał z gotowych, prefabrykowanych elementów, może zostać łatwo zdemontowany. Demontaż baraku jest jednym z etapów prowadzenia prac konserwatorskich i budowlanych. W kontekście zabiegu konserwatorskiego polegającego na odsalaniu drewna stanowi to niezwykle istotny aspekt umożliwiający realizację działań, ponieważ odsalanie musi się odbywać w specjalnie przystosowanej do tego celu pracowni. Przed demontażem baraku wykonano fotogrametrię wszystkich jego drewnianych elementów w świetle bocznym, dzięki czemu uchwycono zakres uszkodzenia drewna w wyniku korozji chemicznej. Ponadto sporządzono rejestr korozji chemicznej dla elementów, z których były pobierane próbki drewna. Dzięki odpowiednio opracowanej legendzie rejestr korozji pozwolił zlokalizować powierzchnię i głębokość uszkodzeń elementów drewnianych. Przydaje się on szczególnie wtedy, gdy trzeba odtworzyć te informacje po zakończonym odsalaniu, kiedy skutki korozji nie są już widoczne⁶⁰.

⁵⁹ Próby przeprowadzone podczas konserwacji baraku B-167 są efektem współpracy konserwatorów nadzorujących prace konserwatorskie z ramienia PMA-B (Maria Urban-Dąbek, Natalia Gruszczyk, Jolanta Banaś-Maciaszczyk) z konserwatorami firmy Antiqua – wykonawcy prac konserwatorskich (Wit Podczerwiński, Katarzyna Kot, Marta Bobek).

⁶⁰ Rozwłóknienia są usuwane przed rozpoczęciem odsalania drewna.



a



b

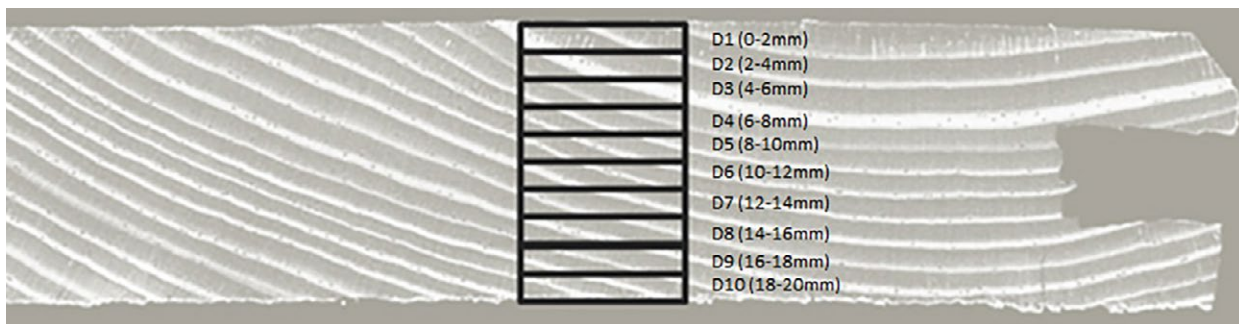
7 Wnętrze baraku B-167.
Fot. K. Będkowski
a) Stan przed konserwacją
b) Stan po konserwacji

Interior of barracks B-167.
Photo: K. Będkowski
a) Condition before conservation
b) Condition after conservation

Metodyka badań drewna wykonanych w celu kontroli procesu odsalania

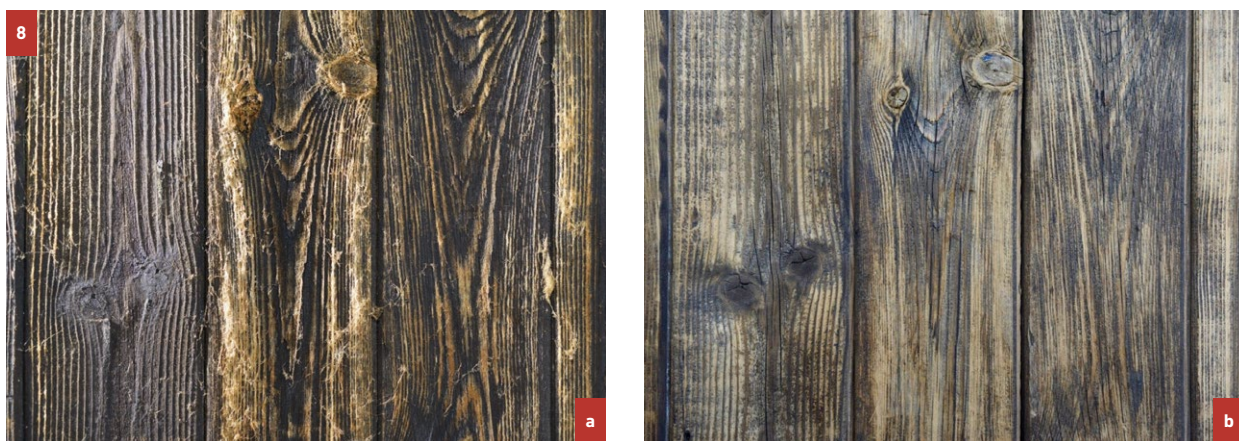
Prace w baraku zaplanowano i prowadzono w taki sposób, aby w dalszym ciągu były możliwe kontrola i zwiększanie efektywności metody odsalania drewna. Głównym celem odsalania była jak największa ekstrakcja soli amonowych. W ramach kontroli tego procesu badano dwa rodzaje elementów: deski z paneli ściennych i dachowych o przekroju 20 mm (ryc. 8 pokazuje schemat pobrania próbek) oraz elementy konstrukcyjne – miecze środkowe o przekroju 100 mm. W sumie pod kątem zasolenia z całego baraku sprawdzono 14 elementów (3 elementy konstrukcyjne, 1 deskę z panelu ściennego i 10 desek z paneli dachowych)⁶¹. Zbadano elementy, na których powierzchnia rozwłóknienia była różna (rozwłóknione na całej powierzchni oraz o rozwłóknieniu miejscowym) i o różnej intensywności rozwłóknienia w głąb elementu. Otrzymano wyniki zasolenia dla prawie 400 próbek drewna. Efektywność odsalania oceniano przez porównywanie wyników badań zasolenia drewna w całym przekroju elementów przed tym zabiegiem i po nim. Z uwagi na wnioski z badań składu chemicznego mówiące o tym, że w uszkodzonym drewnie

⁶¹ Badania zlecone przez Marię Urban-Dąbek i Natalię Gruszczyk (PMA-B) w czasie kompleksowej konserwacji baraku B-167 w latach 2019–2021, wykonane przez laboratorium CentLab w Warszawie w tych samych latach.



Rycina 8. Schemat pobierania próbek do oceny stopnia zasolenia z deski o grubości 20 mm

Figure 8. Sampling chart for assessing the salinity level from a 20 mm thick board



8 Barak B-167, odcinek B11a, fragment panelu po stronie północnej, przęsto g. Widoczna bardzo duża korozja chemiczna desek

a) Stan przed konserwacją. Źródło: N. Gruszczyk, Szczegółowe wytyczne do Programu prac konserwatorskich dla baraku drewnianego o nr. inw. B-167 zlokalizowanego na terenie byłego KL Auschwitz II-Birkenau, PMA-B, Oświęcim 2018, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B. Fot. K. Będkowski

b) Stan po roku od zakończenia konserwacji. Fot. M. Urban-Dąbek

Barracks B-167, section B11a, fragment of the panel on the northern side, span g. Very significant chemical corrosion of the boards is visible

a) Condition before conservation. Source: N. Gruszczyk, Szczegółowe wytyczne do Programu prac konserwatorskich dla baraku drewnianego o nr. inw. B-167 zlokalizowanego na terenie byłego KL Auschwitz II-Birkenau (Detailed guidelines for Programme for conservation work on the wooden barracks inv. no. B-167 located on the site of the former KL Auschwitz II-Birkenau), PMA-B, Oświęcim 2018, hard copy in the archives of the Conservation Department of the PMA-B. Photo: K. Będkowski

b) Condition one year after completion of conservation work. Photo: M. Urban-Dąbek

znajdują się głównie jony PO_4^{3-} , NH_4^+ i SO_4^{2-} , oznaczano tylko te substancje. Podobnie jak podczas prowadzonych prób do oznaczenia anionów SO_4^{2-} i PO_4^{3-} wykorzystano metodę chromatografii jonowej (IC). Metodą spektrofotometryczną (UV-Vis) oznaczono kation NH_4^+ .

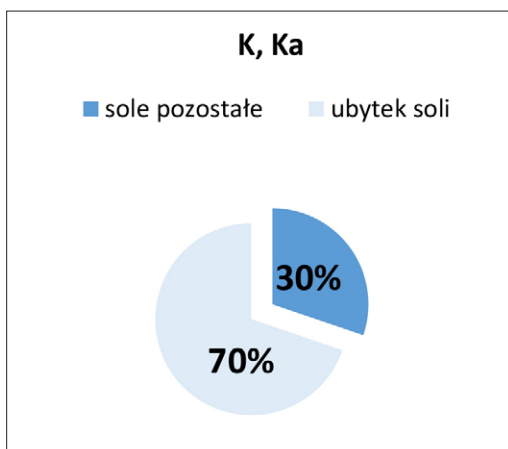
Odsalanie drewna baraku B-167 metodą kąpeli

By przeprowadzić odsalanie metodą kąpeli, przygotowano układ kąpiący składający się z wanny i demineralizatora. Po ułożeniu drewnianych elementów wannę napełniano wodą. Następnie według ściśle określonego schematu zmieniano wodę i pobierano próbki wody do badań. Pierwsza kąpiel trwała 11 dni i przebiegała w temperaturze około 14°C . Otrzymane wyniki badań drewna wykazały, że była to kąpiel nieefektywna. Stwierdzono, że aby zabieg okazał się skuteczny, trzeba



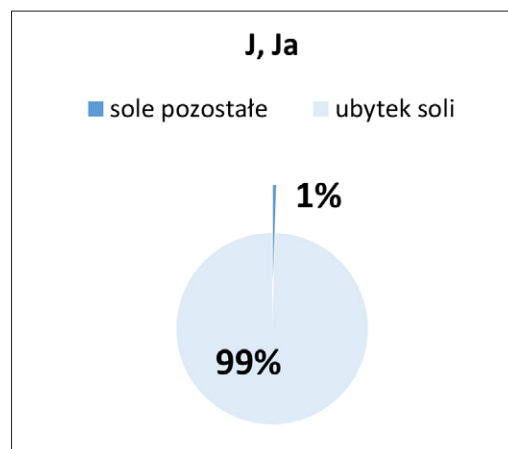
9 Kąpiel dynamiczna elementów z baraku B-167. Widoczne odpowiednio oznaczone elementy i ich zabezpieczenie przed wypływaniem na powierzchnię. Fot. M. Lach

Dynamic bathing of elements from barracks B-167. Visible, properly marked elements and their prevention from floating to the surface. Photo: M. Lach



Rycina 9. Kąpiel 2., statyczna, temperatura około 30°C, zasolenie początkowe 172 g/kg, 23 dni, 11 wymian wody

Figure 9. Bath 2, static, temperature around 30°C, initial salinity 172 g/kg, 23 days, 11 changes of water

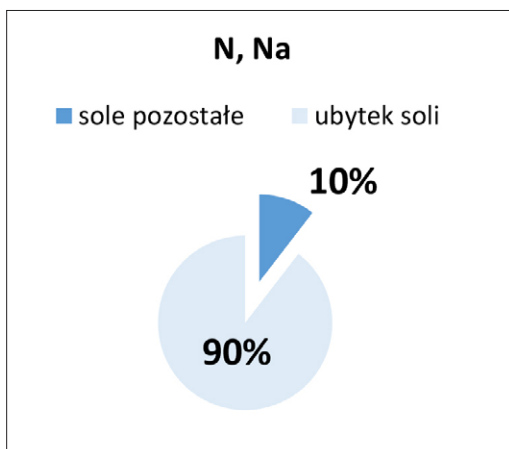


Rycina 10. Kąpiel 3., dynamiczna, temperatura około 30°C, zasolenie początkowe 406,9 g/kg, 23 dni, 11 wymian wody

Figure 10. Bath 3, dynamic, temperature around 30°C, initial salinity 406.9 g/kg, 23 days, 11 changes of water

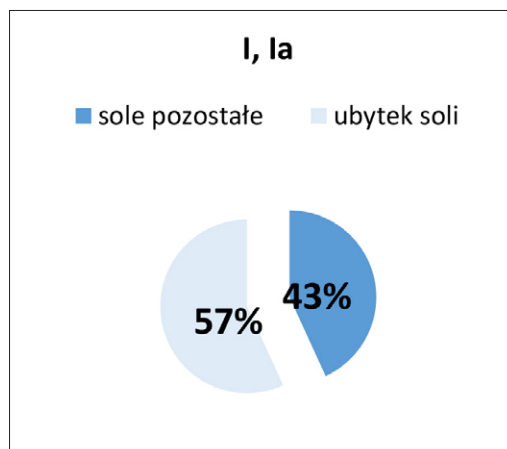
zwiększyć liczbę dni kąpieli i podnieść temperaturę wody. W związku z tym w układzie kąpiącym zamontowano grzałki i automatykę, która utrzymywała temperaturę wody na poziomie około 30°C. Wykonano kolejną próbę, mającą na celu porównanie kąpieli statycznej i dynamicznej. Warunki dla tej drugiej stworzono za pomocą pomp wprowadzających ruch wody. Pozostałe parametry kąpieli, takie jak ilość wody, jej temperatura (około 30°C), czas kąpieli (23 dni) czy schemat wymiany wody (11 wymian), w obu układach kąpiących były takie same. Ustalono, że kąpiel dynamiczna jest efektywniejsza (ryc. 9 i 10).

Następne kąpiele stanowiły okazję do przetestowania innych wariantów odsalania, w których zmiennymi były grubość odsalanego elementu (ryc. 11 i 12), czas kąpieli i stopień zasolenia elementów. Podczas 9 z łącznie 21 kąpieli odsalających pobierano próbki drewna do kontroli procesu odsalania. W trakcie prac ulepszono system odsalania metodą kąpieli w takim stopniu, że udało się wyekstrahować nawet 99% soli (ryc. 10).



Rycina 11. Kąpiel 15., dynamiczna, deska o przekroju 20 mm, zasolenie 551,88 g/kg, 24 dni, 14 wymian wody

Figure 11. Bath 15, dynamic, board with a cross-section of 20 mm, salinity 551.88 g/kg, 24 days, 14 changes of water



Rycina 12. Kąpiel 20., dynamiczna, miecz boczny o przekroju 100 mm, zasolenie 459,83 g/kg, 24 dni, 14 wymian wody

Figure 12. Bath 20, dynamic, knee brace with a cross-section of 100 mm, salinity 459.83 g/kg, 24 days, 14 changes of water

Odsalanie drewna baraku B-167 za pomocą kompresów

Metodę kompresów zastosowano głównie do odsalania elementów z powłokami malarskimi. Na fotografiach wykonanych pod koniec funkcjonowania obozu został udokumentowany stan, gdy pobiała pokrywała niemalże całe powierzchnie elementów konstrukcyjnych baraków. Obecnie pobiałe zachowane są fragmentarycznie. Miejscowo widoczne są ich odspojenia oraz degradacja spoiwa wapiennego objawiająca się pudrowaniem. Występująca korozja chemiczna drewna w obrębie zachowanych pobiał i ich stan zachowania sugerują, że elementy z pobiałami również zostały zaimpregnowane przeciwnie. Potwierdziła to analiza FTIR zdegradowanych miejscowo pobiał, które przybrały puszystą, miękką postać przypominającą sól. Analiza ta wykazała obecność siarczanu amonu, fosforanu amonu i gipsu⁶². W związku z tym kompresy odsalające nakładano na całą powierzchnię drewnianych elementów, również w miejscach, gdzie zachowały się warstwy malarskie. Przed nałożeniem kompresów warstwy malarskie zabezpieczono bibułą japońską przy użyciu około 2,5-procentowego roztworu wodnego hydropropylocelulozy. Oznaczenia montażowe zabezpieczano nasyconym roztworem cyklododekanu w toluenie. Przed przystąpieniem do zabiegu odsalania drewniane elementy oczyszczono również z wtórnych warstw oraz z rozwłóknionego drewna.

Pierwszy etap polegał na zwilżeniu drewna i nałożeniu okładu z kilku warstw ligniny nasączonej wodą demineralizowaną, co miało na celu rozpuszczenie soli w całych przekrojach elementów. Pierwszy okład miał za zadanie przejąć nagromadzone powierzchniowo sole. Do 1 kg drewna potrzeba było od 0,4 do 1 l wody, zależnie od nasiąkliwości danego elementu⁶³. Równolegle namaczano kilka elementów. Po mniej więcej kwadransie zdejmowano pierwszy okład rozpuszczający sole i zakładano warstwę bibuły japońskiej, by łatwiej było usunąć pulpę celulozową. Następnie nakładano okład z arbocelem BC 1000 połączonego z wodą demineralizowaną w proporcji wagowej 1 : 5 z dodatkiem 0,1% środka antypleśniowego (Preventol R80 lub Aseptina M). Pulpę celulozową ugniatano w celu maksymalnego zagęszczenia okładu. Szczególną ostrożność zachowywano

⁶² M. Urban-Dąbek, *Program prac konserwatorskich dla baraku drewnianego o nr. inw. B-170 zlokalizowanego na terenie byłego KL Auschwitz II-Birkenau*, PMA-B, Oświęcim 2021, s. 35, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

⁶³ Jest ona różna, ponieważ elementy baraku wykazują zróżnicowaną gęstość i stopień przesylenia preparatami hydrofobowymi nawet w obszarze jednego elementu.



10

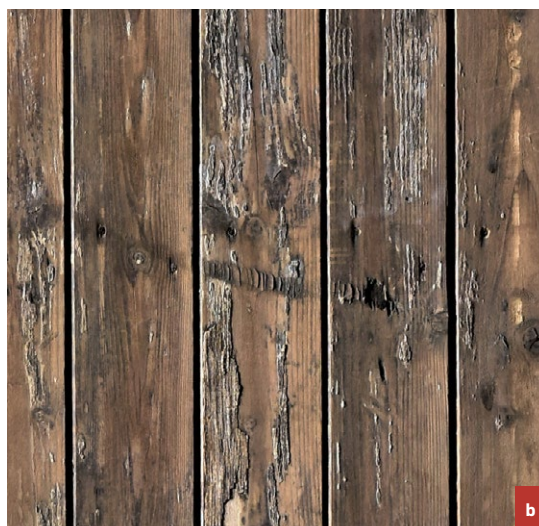
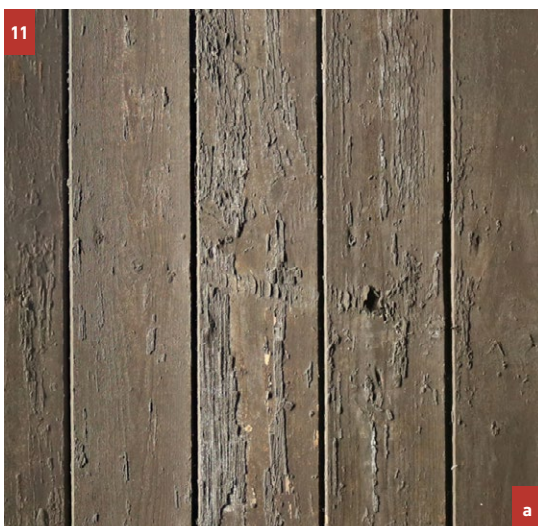
Odsalanie elementów baraku B-167 przy użyciu kompresów

Desalination of elements of the B-167 barracks using compresses

11

Fragment panelu ściennego PN80 z warstwami malarskimi. Fotogrametria Ł. Olender
a) Stan przed konserwacją
b) Stan po konserwacji

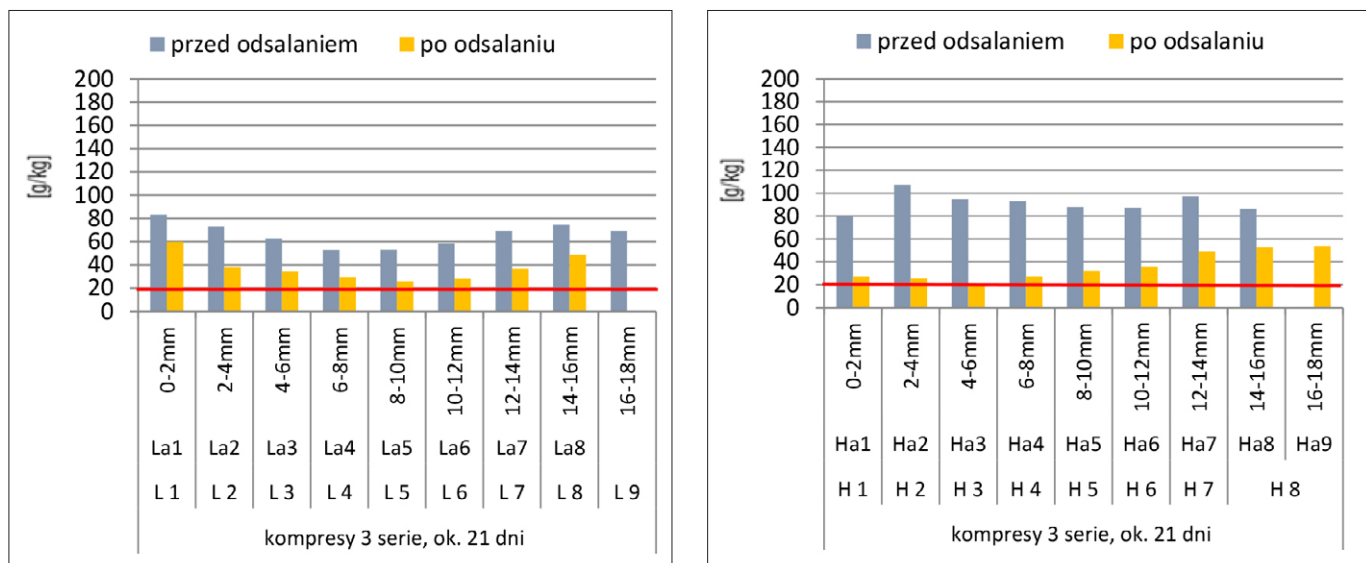
Fragment of a PN80 wall panel with painted layers. Photogrammetry: Ł. Olender
a) Condition before conservation
b) Condition after conservation



w miejscach występowania warstw malarskich. Kompresy powinny ściśle przylegać do deski, aby możliwa była migracja soli z drewna do okładu, i mieć minimum 4 mm grubości. Podczas odsalania sprawdzono, jak na efektywność odsalania wpływa grubość kompresu. Oceniono też efektywność odsalania zależnie od grubości elementu oraz od liczby nałożonych kompresów, a także dyfuzję jonów w zależności od przekroju danego elementu i stopnia przesylenia spoiwami o właściwościach hydrofobowych⁶⁴.

Na ryc. 13 umieszczono przykładowe wyniki badań drewna w przypadku odsalania przy użyciu kompresów. Przede wszystkim zauważono, że trzy serie kompresów dla elementów o dużym zasoleniu to za mało, aby nie było ryzyka zachodzenia w drewnie procesów korozyjnych.

⁶⁴ M. Urban-Dąbek, *Odsalanie baraku B-167*, PMA-B, Oświęcim 2021, s. 42–52 i 65–85, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.



Rycina 13. Efektywność odsalania dla elementów o zasoleniu początkowym 513,1 g/kg (próbka L) i 654,4 g/kg (próbka H) po trzech seriach kompresów. Poziomy soli po odsalaniu w próbkach pobranych na różnych głębokościach nadal przekraczają 20 g/kg

Figure 13. Desalination efficiency for elements with an initial salinity of 513.1 g/kg (sample L) and 654.4 g/kg (sample H) after three series of compresses. Salt levels after desalination in samples taken at various depths still exceed 20 g/kg

Wytyczne konserwatorskie dotyczące odsalania drewna baraków dotkniętego korozją chemiczną

Podczas odsalania drewna z objawami korozji chemicznej metodą kąpeli i kompresów niezbędne są następujące czynności.

1. Dokumentacja stanu zachowania, na przykład fotogrametria w świetle bocznym pokazująca zakresy rozwłóknienia oraz orientacyjną głębokość rozwłóknienia drewna. Wykonanie rejestrów (mappingów) rozwłóknienia.
2. Zabezpieczenie warstw malarskich bibułą japońską przy użyciu 2,5-procentowego roztworu wodnego pochodnych celulozy.
3. Oczyszczenie elementów z luźnych rozwłóknionych włókien za pomocą szczotek, szcetinowych pędzli i odkurzacza z precyzyjną końcówką.
4. Oczyszczenie elementów z wtórnych nawarstwień uszczelniających strukturę drewna i uniemożliwiających dyfuzję soli.
5. Badania drewna, kompresów i ekstraktu w celu kontroli procesu odsalania. Próbkę drewna z wytypowanych elementów należy pobrać przed odsalaniem i po odsalaniu, próbki kompresów i ekstraktu – po odsalaniu. Próbkę drewna po odsalaniu i próbki kompresów należy pobierać przy wilgotności drewna utrzymującej się na poziomie 15–18% przez minimum 48 godzin. Próbkę wody użytej do odsalania należy pobierać po 2 godzinach od pełnego zanurzenia odsalanych elementów i na koniec kąpeli.
6. Monitoring kształtu oraz powierzchni wybranych elementów (odrysy przed odsalaniem i po odsalaniu – po wysuszeniu, fotografie makro- i mikroskopowe).
7. Odsalanie metodą kąpeli elementów bez powłok malarskich. Przygotowanie układu kąpiącego: wanna, woda demineralizowana o przewodności poniżej 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i temperaturze 30°C, umiarkowany ruch wody. Czas kąpeli i liczba wymian wody powinna być adekwatna do typu odsalanych elementów – dlatego elementy powinny być pogrupowane według rozmiaru przekroju (tab. 5).

Tabela 5. Informacje dotyczące kąpeli w zależności od typu elementu

Typ	Rodzaj elementu	Głębokość korozji mierzona suwmiarką do oporu zdrowych włókien [mm]	Liczba dni kąpeli	Liczba wymian wody	Proporcje wody i drewna [m ³]
Typ 1	Deski paneli (przekrój 20 mm)	1-2	20	10-12	3:1
Typ 2		1-6	24	14	4:1
Typ 3	Elementy konstrukcyjne (przekrój 60-140 mm)	1-6	30	16-18	4:1
Typ 4	Wszystkie rodzaje elementów – z wyłączeniem deskowania zewnętrznego paneli ściennych – bez widocznych objawów korozji chemicznej	0	14	7-9	3:1

8. Powolne kontrolowane suszenie odsolonych elementów. Po wyciągnięciu z kąpeli należy je spłukać czystą wodą i pozostawić pod zadaszeniem przez 1–2 dni, przy temperaturze powietrza wynoszącej około 20°C. Wolne i łagodne suszenie drewna wpływa na mniejsze wartości skurczów⁶⁵. Suszarnia do drewna powinna więc dawać możliwość sterowania mikroklimatem i automatycznego pomiaru wilgotności drewna. Kilkuletnie doświadczenie autorów niniejszego artykułu w zakresie suszenia drewna baraków po wykonanym zabiegu odsalania pozwala przyjąć, że bezpieczne parametry w suszarni to temperatura 25–30°C i wilgotność względna powietrza mieszcząca się w zakresie 40–90%, zmniejszająca się stopniowo w miarę upływu czasu suszenia. Długość suszenia w takich warunkach zależy od rozmiaru przekroju suszonych elementów, ich nasiąkliwości i liczby elementów suszonych równocześnie. Czas suszenia w suszarni elementów baraku wynosił od 14 do 40 dni⁶⁶.
9. Odsalanie kompresami elementów z warstwami malarskimi i tych, których nie można zdemontować. Warstwy malarskie należy zabezpieczyć bibułą japońską przy użyciu około 2,5-procentowego roztworu wodnego pochodnych celulozy. Następnie należy przeprowadzić proces odsalania w trzech etapach. Etap I polega na zwilżeniu wodą (o przewodności poniżej 5 µS/cm i o temperaturze około 30°C), co służy rozpuszczeniu soli w drewnie, z wykorzystaniem okładu z waty celulozowej⁶⁷. Etap II to ekstrakcja soli. W tym celu nakłada się kompresy w kilku seriach (od 1 do 8 wymian – liczba dostosowana do typu elementu; zob. tab. 6). Na całą powierzchnię odsalanych elementów, również w miejscach występowania warstw malarskich, należy nałożyć najpierw warstwę bibuły japońskiej, a następnie mokry okład o grubości minimum 4 mm. Do odsalania zaleca się zastosować kompres 2 lub 6 (tab. 4). Podczas nakładania kompresy należy dobrze docisnąć do drewna, aby była możliwa migracja jonów do rozszerzonego środowiska (kompresu). Etap III to sezonowanie kompresów.
10. Wykonanie fotogrametrii i fotografii mikroskopowych po zakończonym odsalaniu w celu kontroli stanu zachowania drewna.

⁶⁵ P. Kozakiewicz, M. Matejak, *Klimat a drewno zabytkowe. Dawna i współczesna wiedza o drewnie*, Warszawa 2013, s. 142.

⁶⁶ Ze względu na obszerność tematu autorki planują poruszyć zagadnienie suszenia drewna zabytkowego i wpływu tego procesu na stan jego zachowania w oddzielnej publikacji.

⁶⁷ „Do początkowego zwilżenia należy użyć okładu, który ma pory większe niż zwilżany materiał, odwrotnie niż przy właściwych okładach odsalających. Możemy użyć np. grubo zmielonej celulozy, spowoduje to, że woda zostanie zassana przez mniejsze pory” (D. Białek-Kostecka et al., *Badania techniki, technologii i stanu zachowania nawarstwień malarskich...*, op. cit., s. 141–142).

Tabela 6. Liczba serii kompresów w zależności od typu odsalanego elementu

Typ	Rodzaj elementu	Głębokość korozji mierzona suwmiarką do oporu zdrowych włókien [mm]	Liczba serii		
			Od strony wnętrza baraku	Od strony wnętrza panelu (panel ścienny) lub od strony papy (panel dachowy)	Dookoła elementu
Typ 1	Deski paneli (przekrój 20 mm)	1-2	2-4	1	-
Typ 2		1-6	4-6*	1	-
Typ 3	Elementy konstrukcyjne (przekrój 60-140 mm)	1-2	-	-	4-6
Typ 4		1-6	-	-	8-10*
Typ 5	Elementy bez widocznych objawów korozji (wszystkie rodzaje)	0	-	-	1

* Należy rozważyć wymianę kompresu po dwóch dniach.

Wnioski

Na podstawie literatury ustalono, że korozja chemiczna drewna powstaje w wyniku obecności w jego strukturze związków nieorganicznych pochodzących ze środków ochrony drewna. Zdania naukowców co do procesów niszczących są podzielone, część z nich wskazuje na potrzebę dalszych badań.

Na podstawie zestawienia historii stosowanych preparatów z oceną korozji chemicznej *in situ* ustalono, że do największych zniszczeń dochodzi w barakach, w których do impregnacji ogniochronnej użyto mieszaniny fosforanu amonu i siarczanu amonu w agregacie próżniowo-ciśnieniowym. W barakach, w których sole amonowe aplikowano pędzlem, korozję chemiczną stwierdzono w mniejszym stopniu. Niewielka korozja chemiczna występowała w barakach, w których składnikiem środka ochrony był zasadowy węgiel miedzi wprowadzony w drewno metodą ciśnieniową. Niewielkie oznaki korozji zaobserwowano również w tych barakach, które metodą powlekania pędzlem kilkukrotnie przesycono środkiem zawierającym fluorek sodu. Ten ostatni środek aplikowany był także w barakach bez zniszczeń drewna w postaci korozji chemicznej.

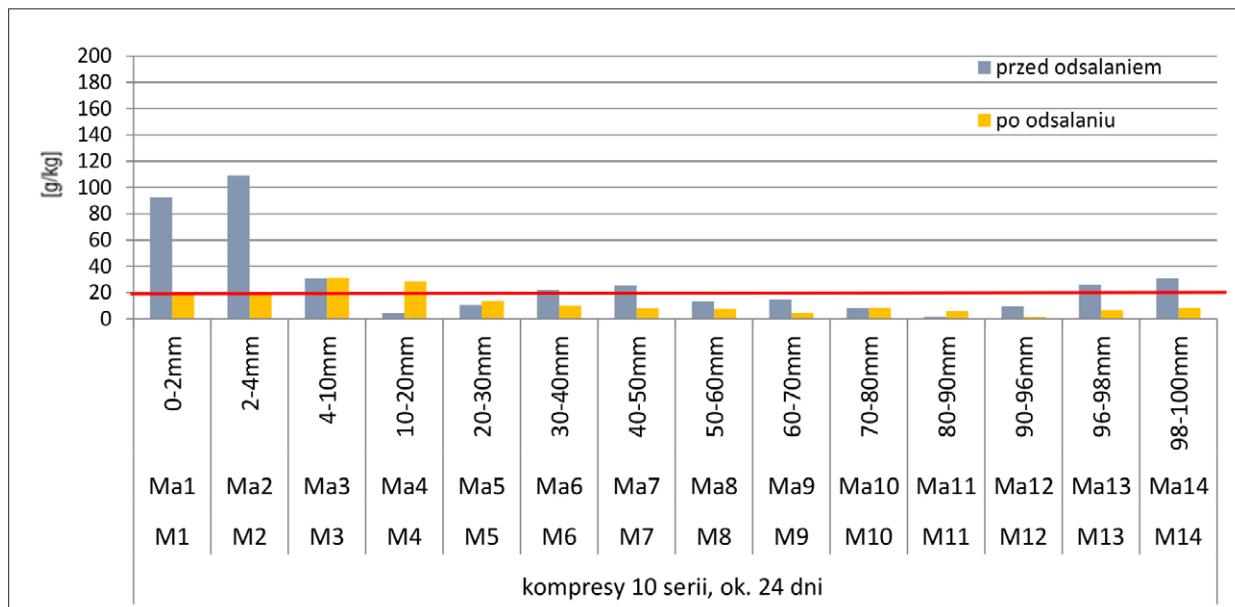
Badania uszkodzonego przez korozję drewna również wykazały obecność głównie związków nieorganicznych w postaci jonów pochodzących od soli amonowych. Związki organiczne w takich samych ilościach zidentyfikowano w drewnie uszkodzonym i nieuszkodzonym przez korozję, dlatego można uznać, że nie mają one wpływu na zniszczenia drewna powodowane przez korozję chemiczną.

Etap monitorowania elementów z korozją chemiczną udowodnił, że nie wystarczy usunąć widocznych skutków korozji w postaci rozluźnionego drewna. Po odsłonięciu głębszych, nieuszkodzonych jeszcze warstw drewna zniszczenia nadal postępują.

Z punktu widzenia konserwatorskiego słusznym rozwiązaniem jest ekstrakcja soli ze struktury drewna, ponieważ tylko takie postępowanie pozwala zatrzymać proces korozji chemicznej. Wyniki pierwszych prób wykazały, że znaczną ekstrakcję soli z drewna można uzyskać przez zastosowanie dwóch metod odsalania: kąpeli i kompresów.

Prowadzone obserwacje i badania pozwalają przyjąć, że proces odsalania zależy od wielu różnych czynników. Najefektywniejszą i jednocześnie najbezpieczniejszą metodą odsalania drewna jest kąpiel dynamiczna (umiarkowany ruch wody, temperatura wody 30°C). Zastosowanie kąpeli daje możliwość wyekstrahowania nawet 99% soli (ryc. 10). Czas kąpeli powinien być uwarunkowany przede wszystkim przekrojem elementu i stopniem jego zasolenia (tab. 5).

Badania wykazały, że metoda odsalania kompresami schnącymi jest znacznie mniej efektywna, aczkolwiek jest to jedyne dotychczas opracowane rozwiązanie w przypadku odsalania



Rycina 14. Efektywność odsalania dla elementów o zasoleniu początkowym 306,26 g/kg (próbka M pobrana na różnych głębokościach) po dziesięciu seriach kompresów

Figure 14. Desalination efficiency for elements with an initial salinity of 306.26 g/kg (sample M taken at different depths) after ten series of compresses

elementów z fragmentarycznie zachowanymi warstwami malarskimi. Liczba serii kompresów, podobnie jak przy odsalaniu metodą kąpeli, zależy od rozmiaru przekroju odsalanego elementu i stopnia jego zasolenia (tab. 6).

Jeżeli proces odsalania będzie prowadzony zgodnie z wytycznymi wymienionymi w rozdziale *Wytyczne konserwatorskie dotyczące odsalania drewna baraków dotkniętego korozją chemiczną*, to zastosowanie metody kąpeli i kompresów umożliwi ekstrakcję jonów PO_4^{3-} , NH_4^{4+} i SO_4^{2-} do bezpiecznego poziomu poniżej 20 g na 1 kg drewna w powierzchniowych warstwach. Pozostałe w drewnie sole po zakończonym zabiegu rozłożą się w ilościach zmniejszających się ku wewnętrznym warstwom poszczególnych elementów, tak jak na ryc. 14. Zmniejszający się gradient zasolenia ku wnętrzu elementów drewnianych w zasadzie wykluczy ryzyko ponownego powstawania korozji.

Podsumowanie

Obecnie na terenie dawnego KL Auschwitz II – Birkenau stoi pierwszy barak, z którego udało się wyprowadzić znaczną ilość negatywnie wpływających na drewno substancji. Prace przy odsalaniu baraku o numerze inwentaryzacyjnym B-167 zakończyły się sukcesem, ponieważ osiągnięto bezpieczny poziom soli w drewnie przy kontrolowanym i opracowanym specjalnie dla historycznych elementów procesie odsalania. Było to możliwe dzięki odpowiedniemu przygotowaniu, działaniom podjętym w celu opracowania metodyki odsalania drewna, a także ogromnemu zaangażowaniu zarówno całego zespołu PMA-B prowadzącego projekt, jak i zespołu wykonującego prace. Pierwszy barak po pełnym procesie odsalania dowodzi tego, że zatrzymanie procesów korozyjnych jest możliwe również w pozostałych budynkach tego typu. Prekursorska metoda odsalania wprowadzona na dużą skalę po raz pierwszy w baraku B-167 została również wdrożona podczas konserwacji kolejnego drewnianego baraku, co stało się okazją do pogłębienia wiedzy o odsalaniu drewna.

dr Maria Urban-Dąbek

Absolwentka Wydziału Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki oraz Studium Pedagogicznego na Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie. Tytuł magistra otrzymała w 2009 roku dzięki obronie pracy dyplomowej *Opracowanie technologii i techniki uzupełnienia oraz rekonstrukcji alabastrowej miniatury na przykładzie reliefu Ukrzyżowanie Chrystusa ze zbiorów Muzeum Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie*. Od 2009 roku pracuje jako konserwator zabytków. W pierwszych latach po studiach należała do zespołu wykonującego konserwację zabytków katedry wawelskiej. Od 2014 roku pracuje w Państwowym Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu, gdzie zajmuje się głównie zagadnieniami związanymi z konserwacją obiektów drewnianych oraz monitorowaniem stanu zachowania. W 2022 roku obroniła pracę doktorską *Baraki byłego obozu zagłady Auschwitz II – Birkenau zlokalizowane na odcinku BII – poszukiwanie rozwiązań konserwatorskich pozwalających zatrzymać proces korozji chemicznej drewna*, napisaną pod kierunkiem prof. Grażyny Korpala i promotora pomocniczego dr hab. Jarosława Adamowicza, prof. ASP.

Maria Urban-Dąbek, PhD

Graduate of the Faculty of Conservation and Restoration of Works of Art and Pedagogical Studies at the Academy of Fine Arts in Kraków. She received her master's degree in 2009 with a dissertation entitled: *Opracowanie technologii i techniki uzupełnienia oraz rekonstrukcji alabastrowej miniatury na przykładzie reliefu Ukrzyżowanie Chrystusa ze zbiorów Muzeum Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie* (Development of technology and technique for supplementing the missing parts and reconstructing an alabaster miniature based on the Crucifixion of Christ relief in the collections of the Collegium Maius Museum of the Jagiellonian University in Kraków). Since 2009, she has been working as a conservator of historical monuments. In the first years after graduating, she was part of a team carrying out the conservation of monuments in Wawel Cathedral. Since 2014, she has been working at the Auschwitz-Birkenau State Museum in Oświęcim, where she focuses mainly on issues related to the conservation of wooden objects and monitoring their state of preservation. In 2022, she defended her doctoral thesis *Baraki byłego obozu zagłady Auschwitz II – Birkenau zlokalizowane na odcinku BII – poszukiwanie rozwiązań konserwatorskich pozwalających zatrzymać proces korozji chemicznej drewna* (Barracks of the former Auschwitz II – Birkenau extermination camp located in section BII – searching for conservation solutions to stop the chemical corrosion of wood) which was written under the supervision of Prof. Grażyna Korpala and Dr Hab. Jarosław Adamowicz, Professor of the Academy of Fine Arts.

mgr inż. Lidia Łabuzek

W 2002 roku uzyskała tytuł magistra inżyniera w Katedrze Budownictwa na Wydziale Górniczym w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie po obronie pracy *Analiza metod wzmacniania fundamentów obiektów budowlanych*. W 2007 roku ukończyła studia podyplomowe na tej samej uczelni z zakresu szacowania wartości nieruchomości. W latach 2002–2009 była zatrudniona na stanowisku inspektora do spraw planowania i zagospodarowania przestrzennego w wydziale planowania i zagospodarowania przestrzennego Urzędu Gminy Oświęcim. Od 2007 roku prowadzi własną działalność (Pracownia Projektowa Lidgraf) w zakresie projektowania i nadzorowania obiektów budowlanych. Od 2009 roku jest zatrudniona w Państwowym Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu, gdzie nadzoruje remonty obiektów zabytkowych. W zespole odpowiedzialnym za konserwację obiektów drewnianych działa od 2013 roku. Ma uprawnienia budowlane bez ograniczeń do kierowania robotami budowlanymi w specjalności konstrukcyjno-budowlanej.

Lidia Łabuzek, MA, Eng.

In 2002, she obtained a master's degree in engineering from the Department of Civil Engineering at the Faculty of Mining at the AGH University of Science and Technology in Kraków after defending her dissertation *Analiza metod wzmacniania fundamentów obiektów budowlanych* (Analysis of methods for strengthening the foundations of structures). In 2007, she completed her postgraduate studies at the same university in real estate value estimation. In the years 2002–2009, she was employed as a planning and spatial development inspector in the Planning and Urban Development Department of the Oświęcim Municipal Office. Since 2007, she has been running her own business (Pracownia Projektowa Lidgraf) in the field of designing and supervising construction work. Since 2009, she has been employed at the Auschwitz-Birkenau State Museum in Oświęcim, where she supervises the renovation of historic buildings. She has been a member of the team responsible for the conservation of wooden objects since 2013. She has unlimited construction qualifications for managing works specializing in structural and construction work.

mgr Natalia Gruszczyk

Konserwator zabytków. Absolwentka Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu na kierunku konserwacja i restauracja dzieł sztuki (specjalizacja: konserwacja malarstwa i rzeźby polichromowanej). Tytuł magistra uzyskała w 2011 roku po obronie pracy dyplomowej artystyczno-konserwatorskiej *Konserwacja i restauracja ściennego tabernakulum (sakrarium o budowie skrzyniowej) z Marianki Pasłęckiej z I połowy XV wieku oraz teoretyczno-badawczej Tempera kazeinowa w malarstwie sztalugowym*. W latach 2012–2015 pracowała w Muzeum Górnośląskim w Bytomiu, gdzie zorganizowała pracownię konserwacji. Od 2015 roku pracuje w Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu, gdzie zajmuje się zagadnieniami związanymi z konserwacją zabytków, planowaniem i organizacją prac oraz nadzorem nad nimi. Od 2021 roku jest zastępcą kierownika Działu Konserwacji.

Natalia Gruszczyk, MA

Conservator of historical monuments. Graduate of the Nicolaus Copernicus University in Toruń, specializing in the conservation and restoration of works of art (conservation of paintings and polychrome sculptures). She obtained her master's degree in 2011 after defending her dissertation: *Konserwacja i restauracja ściennego tabernakulum*

(*sakrarium o budowie skrzyniowej*) z *Marianki Pasłęckiej z I połowy XV wieku* [Conservation and restoration of the wall tabernacle (with a box-shaped interior) from the church in Marianka Pasłęcka dating from the first half of the 15th century] and a theoretical and research case study *Tempera kazeinowa w malarstwie sztalugowym* (Casein tempera in easel painting). In the years 2012–2015 she worked at the Upper Silesian Museum in Bytom, where she organized a conservation workshop. Since 2015, she has been working at the Auschwitz-Birkenau Museum in Oświęcim, where she focuses on issues related to the conservation of monuments, planning and organization of works, and their supervision. Since 2021, she has been deputy head of the Conservation Department.

Bibliografia

Antušková Václava, Kučerová Irena, *Vliv anorganických sloučenin používaných k ochrání dřeva na celulosu. The impact of inorganic compounds used for protection of wood on cellulose*, „Koroze a ochrana materiálu” 2014, vol. 58, iss. 2, s. 36–42.

Bialek-Kostecka Dorota et al., *Badania techniki, technologii i stanu zachowania nawarstwień malarskich występujących w obiektach na terenie Państwowego Muzeum Auschwitz-Birkenau oraz badania nad opracowaniem metod ich konserwacji i zabezpieczenia*, Kraków 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

Bobek Marta, *Dokumentacja opisowa i fotograficzna prac konserwatorskich i robót budowlanych dotycząca baraku drewnianego B-167 zlokalizowanego na terenie byłego niemieckiego nazistowskiego obozu koncentracyjnego i zagłady KL Auschwitz II-Birkenau*, Oświęcim 2021, wydruk archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

Cofta Grzegorz et al., *Badania nad sposobem konserwacji, zabezpieczenia i wzmocnienia historycznych elementów drewnianych występujących w obiektach na terenie Państwowego Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu. Etap IV. Analiza drewna z baraków drewnianych pod kątem ustalenia przyczyn jego dezintegracji*, Poznań–Kraków–Warszawa 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

Desalination of historic buildings, stone and wall paintings, ed. Alison Heritage, Adrian Heritage, Fulvio Zezza, London 2013.

Domańska Monika, Stalmach Kazimierz, *Dokumentacja prac remontowo-budowlanych oraz konserwatorskich baraku drewnianego o nr inw. B-154 na odcinku BIIa na terenie PMA-B w Brzezince*, [b.m.] 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

Domańska Monika, Stalmach Kazimierz, *Dokumentacja prac remontowo-budowlanych oraz konserwatorskich baraku drewnianego o nr inw. B-159 na odcinku BIIa na terenie PMA-B w Brzezince*, [b.m.] 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

Drdácký Miloš et al., *Man made hazards in conservation practice – case studies. Ryzyko spowodowane przez człowieka w praktyce konserwacji – studia przypadków*, „Wiadomości Konserwatorskie. Conservation News” 2009, nr 26, s. 224–233, online: tinyurl.com/3hbu3ne7, dostęp: 24.05.2022.

Emery John A., Schroeder Herbert A., *Iron-catalyzed oxidation of wood carbohydrates*, „Wood Science and Technology” 1974, vol. 8, s. 123–137.

Goldstein Irving S., *Degradation of wood by chemicals [w:] The chemistry of solid wood*, ed. Roger M. Rowell, Washington 1984, s. 577–588.

Gruszczyk Natalia, *Program prac konserwatorskich dla baraku drewnianego o nr. inw. B-167 zlokalizowanego na terenie byłego KL Auschwitz II-Birkenau*, PMA-B, Oświęcim 2017, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

Hennen Insa Ch. et al., *Mazeration historischer Dachkonstruktionen. Erhebung und Klassifizierung des Schadensumfangs in Sachsen-Anhalt. Entwicklung und Erprobung eines Schnelltestverfahrens (MATE)*, Stuttgart 2010, wersja polska: *Maceracja w zabytkowych konstrukcjach dachowych (MATE)*, przeł. Jacek Lachendro, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.

Hennen Insa Ch. et al., *Mazeration historischer Dachkonstruktionen. Entwicklung und Erprobung von Verfahren zur Schadensminderung und -bekämpfung (MATEKUR)*, Stuttgart 2015, online: tinyurl.com/574fjhnf, dostęp: 10.11.2021.

Kloiber Michal et al., *Change of mechanical properties of Norway spruce wood due to degradation caused by fire retardants*, „Wood Research” 2010, vol. 55, iss. 4, s. 23–38, online: tinyurl.com/bdf4zyjk, dostęp: 24.05.2021.

Kučerová Irena et al., *Examination of damaged wood by ammonium phosphate and sulphate-based fire retardants. The results of the Prague Castle roof timber examination [w:] Wood science for conservation of cultural heritage – Florence 2007*, red. Luca Uzielli, Firenze 2009 s. 43–47, online: tinyurl.com/225nvnnye, dostęp: 24.05.2021.

Kučerová Irena et al., *Defibring of historical roof beam caused by ammonium sulphate and ammonium phosphates based fire retardants [w:] Wood science for conservation of cultural heritage – Braga 2008*, ed. Joseph Gril, Firenze 2010, s. 281–286, online: tinyurl.com/nmbd8v82, dostęp: 25.10.2022.

- Kozakiewicz Paweł, Matejak Mieczysław, *Klimat a drewno zabytkowe. Dawna i współczesna wiedza o drewnie*, Warszawa 2013.
- Majka Jerzy, Olek Wiesław, *Badania nad sposobem konserwacji, zabezpieczenia i wzmocnienia historycznych elementów drewnianych występujących w obiektach na terenie Państwowego Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu. Etap I. Monitoring mikroklimatu w obiektach drewnianych. Zakres wg zapisów w programie prac*, Poznań 2015, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.
- Mączyński Dominik, *Metody zabezpieczania drewna budowlanego i konstrukcyjnego*, „Ochrona Zabytków” 1997, nr 4, s. 372–379.
- Mączyński Dominik, *Rozpoznanie konstrukcji dachowej nad południowym skrzydłem Zamku w Olsztynie, układ historycznej konstrukcji, chemiczna korozja drewna [w:] Materiały z konferencji Renowacja Budynków i Modernizacja Obszarów Zabudowanych*, Zielona Góra 2009.
- Pandey Krishna K., Chaohan Shakti S., Aggarwal Pramod K., *Reaction of wood with inorganic salts*, „Holz als Roh- und Werkstoff” 1998, vol. 56, s. 412–415.
- Reinprecht Ladislav, *Wood deterioration, protection and maintenance*, Zvolen 2016.
- Rug Wolfgang, Lißner Angelika, *Untersuchungen zur Festigkeit und Tragfähigkeit von Holz unter dem Einfluss durch aggressive Medien*, „Bautechnik” 2011, vol. 88, iss. 3, s. 177–188, online: tinyurl.com/ew2rneyp, dostęp: 20.03.2021.
- Schultz Tor P., Nicholas Darrel D., Preston Alan F., *A brief review of the past, present and future of wood preservation*, „Pest Management Science” 2007, vol. 63, iss. 8, s. 784–788.
- Schwar Andreas, *Physiko-mechanische Untersuchungen des Schadensmechanismus bei Dachstuhlhälzern durch spezifische Holzschutz- und Holzflammschutzmittel*, Cottbus 2004 (praca doktorska), wersja polska: *Fizyczno-mechaniczne badania mechanizmu uszkodzeń w drewnie więźb dachowych przez specyficzne środki ochrony drewna oraz środki ochrony przeciwogniowej*, przeł. Magdalena Włodyga, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.
- Schumann Uwe, *Stanowisko rzeczoznawcy w sprawie usuwania szkód macerowania występujących po wcześniejszym zastosowaniu środków ochrony drewna w konstrukcji dachu katedry w Bad Doberan*, [b.m.] 2007, przeł. Jacek Lech, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.
- Strzelecka Irena, *Budowa, rozbudowa oraz rozwój obozu i jego filii [w:] Auschwitz 1940–1945. Węzłowe zagadnienia z dziejów obozu*, t. 1, red. Waclaw Długoborski, Franciszek Piper, Oświęcim 1995.
- Tribulová Tereza, Kačík František, Evtuguin Dmitry V., *Impacts of inorganic chemicals used for wood protection – a review*, „Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen” 2017, R. 59, č. 2, s. 5–22, online: tinyurl.com/6dydtmva, dostęp: 24.05.2022.
- Unger Achim, Schniewind Arno P., Unger Wibke, *Conservation of wood artifact*, Berlin 2001.
- Urban-Dąbek Maria, *Odsalanie baraku B-167*, PMA-B, Oświęcim 2021, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.
- Urban-Dąbek Maria, *Program prac konserwatorskich dla baraku drewnianego o nr. inw. B-170 zlokalizowanego na terenie byłego KL Auschwitz II-Birkenau*, PMA-B, Oświęcim 2021, wydruk w archiwum Działu Konserwacji PMA-B.
- Witowski Piotr et al., *Korozja zabytkowych więźb dachowych [w:] Pod lupą konserwatora. Wymiana doświadczeń w kontekście rewitalizacji zamku w Lidzbarku Warmińskim*, Lidzbark Warmiński–Olsztyn 2016, s. 115–121.