

Solida Lim

Zakład Konserwacji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej UMK

Badania nad skutecznością metody elektrofizycznej w zwalczaniu wilgotności kapilarnej malowideł ściennych*

Wprowadzenie

Wartykule przedstawiono próbę oceny i przydatności nieniszczącej metody blokowania podciągania kapilarnego wody w murach pod kątem możliwości zastosowania jej w architektonicznych obiektach zabytkowych pokrytych malowidłami ściennymi. Opisano oferowane na polskim rynku urządzenia osuszające metodą elektrofizyczną¹, scharakte-

* Artykuł został opracowany na podstawie pracy doktorskiej pt. „Problem zwalczania zawilgocenia kapilarnego malowideł ściennych w Polsce i w warunkach klimatu tropikalnego w Kambodży”, obronionej w Zakładzie Konserwacji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, pod kierunkiem prof. zw. dr kw. II st. Bogumiły Rouby.

¹ W literaturze przedmiotu istnieje zróżnicowana terminologia dotycząca omawianych metod nieinwazyjnych opierających się na zakłóceniach promieniowania ziemskiego. Każda z firm proponująca ten system osuszania budowli posługuje się własnym określeniem. Firma „BTM Jurkiewicz” używa określenia „metoda

ryzowano metodykę badawczą obejmującą doświadczenia laboratoryjne i terenowe oraz przedstawiono uzyskane wyniki badań i wnioski.

Geneza podjętych badań

Różnorodne zniszczenia malowideł ściennych wynikają z faktu, że funkcjonują one w ścisłym związku z architekturą i środowiskiem naturalnym, z którymi tworzą jedność artystyczną i materialną. Konserwatorzy często spotykają się z problemem nadmiernej wilgotności otoczenia zabytków, a przede wszystkim z wilgocią podciąganą kapilarnie przez mury budowli.

Przyczyny tego stanu rzeczy należy szukać nie tylko w obecnych czasach, ale także w przeszłości. Większość budowli murowanych, powstałych przed końcem XIX wieku, nie ma izolacji poziomych. Izolacje takie na terenie Polski tworzono najpierw z wykorzystaniem bitumów w połowie XIX wieku². Na szerszą skalę zaczęto je stosować dopiero w latach 20. XX wieku³. Brak izolacji poziomej lub jej degradacja, połączona ze zjawiskiem podciągania kapilarnego wody z gruntu, to obecnie jeden z najważniejszych czynników niszczących malowidła ścienne. Ponieważ polichromie ścienne stanowią morfologiczną jedność ze swoim podłożem, są narażone na te same czynniki niszczące co cały zespół zabytkowy, z którym są zintegrowane. Zły stan zachowania polichromii jest często widocznym rezultatem pojawienia się nadmiernej wilgoci w strukturze architek-

elektroniczna”, firma AQUAPOL stosowaną początkowo nazwę „metoda geomagnetohydrodynamiczna” zmieniła na nazwę „metoda grawomagnekinetyczna”. Firma WIGOPOL używa nazwy „metoda elektrofizyczna”, a w literaturze znajdujemy jeszcze określenie „metoda elektromagnetyczna”. W niniejszym artykule postanowiono posługiwać się terminem „metoda elektrofizyczna”, zgodnie z określeniem, jakie zostało użyte przez dr inż. Marię Wesołowską w pracy doktorskiej pt. *Wpływ zewnętrznego pola elektromagnetycznego na kinetykę procesu nawilgacania i wysychania kompozytu ceramicznego*, napisanej pod kier. prof. dr. hab. Piotra Klemma, Bydgoszcz–Łódź 1999.

² [ba], *Próba sztucznego asfaltu, czyli smołowca w Rogalinie we wrześniu 1838 r.*, „Przewodnik Rolniczy i Przemysłowy”, 1838, s. 103.

³ J. Adamowski, J. Hola, Z. Matkowski, *Problemy remontowe zawilgoconych monumentalnych obiektów barokowych*, „Renowacje i Zabytki”, 2005, nr 1, s. 130.

tonicznej. Kłopotliwa wilgoć jest obecna przede wszystkim w obszarach sąsiadujących z gruntem, na którym jest posadowiona budowla. Grunt utrzymuje wodę we wszystkich postaciach, a umieszczony w nim fundament bez izolacji, lub z uszkodzoną izolacją, jest elementem zawilgacania murów. Woda kapilarami przemieszcza się najpierw w samym gruncie, a potem w murach budynku. Intensywność podciągania kapilarnego zależy od wielu uwarunkowań, a przede wszystkim od samego gruntu, warunków gruntowo-wodnych, opadów atmosferycznych, sposobu użytkowania, rodzaju i stanu technicznego murów. Woda w postaci pary, cieczy lub lodu jest poważnym zagrożeniem konstrukcji i substancji zabytkowych. Przenikając do materiałów porowatych, uruchamia niszczące procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne, które często występują we wzajemnym powiązaniu przyczynowo-skutkowym.

Próba likwidacji czynników powodujących zawilgocenie kapilarne przysparza dużo trudności, gdyż niejednokrotnie wymaga zastosowania skomplikowanych technologii. Jednocześnie musi być dopasowana do potrzeb indywidualnych danego obiektu zabytkowego i jego funkcji. Duża różnorodność metod i środków do zwalczania wilgoci kapilarnej sprawia, że konserwator zabytków stoi przed koniecznością wyboru i bierze za niego odpowiedzialność.

Z problemem rozległych zniszczeń malowideł ściennych, wywołanych zawilgoceniem budowli drogą kapilarną, autor spotykał się wielokrotnie w swojej praktyce konserwatorskiej: na terenie Polski w obiektach sakralnych w Tumie pod Łęczycą, w Skrzatuszu, w Żernikach i w Kcyni. Dynamika zniszczeń zawilgoconych kapilarnie polichromii była podobna mimo różnego usytuowania obiektów, funkcjonowania w odmiennych warunkach środowiskowych i różnic w technice wykonania.

W ostatnim stuleciu przeprowadzono wiele badań nad metodami blokowania wilgoci kapilarnej i osuszania murów zabytkowych budowli. Od początku XX wieku opracowano i wdrożono wiele z nich, które czas już zweryfikował. Niektórych technik całkowicie zaniechano z powodu ich szkodliwości, zawodności, zbyt dużych nakładów pracy i kosztów czy trudności w zastosowaniu. Inne ulepszano, tworząc ich odmiany w zależności od bieżących odkryć w dziedzinie chemii i fizyki. Niezwykle dynamiczny rozwój w dziedzinie technologii materiałów i nowoczesnej aparatury nastąpił także w ostatnich dziesiątkach lat. Niemalże równoległe

pojawiły się dwie różne technologie. Pierwsza z nich to inwazyjne metody iniekcyjne, wykorzystujące nowe środki chemiczne i techniki ich aplikacji (lata 70. XX wieku). Do drugiej grupy należą nieinwazyjne metody wykorzystujące zjawiska z dziedziny fizyki ziemi, działające na układ grunt–mur, w niniejszej pracy określane jako metody elektrofizyczne (lata 80. XX wieku).

Na terenie Polski metodę elektrofizyczną zaczęto dynamicznie wdrażać w latach 90. XX wieku. Właśnie w tym czasie w archikolegiacie w Tumi pod Łęczycą, gdzie malowidła ściennie wymagały interwencji konserwatorskiej, autor po raz pierwszy zetknął się z aparaturą stosowaną w metodzie elektrofizycznej. Aparat w obudowie z kosza wiklinowego, ustawiony w pobliżu polichromii, miał na celu nieinwazyjne zablokowanie podciągania kapilarnego wody niszczącej substancję zabytkową. W tym samym czasie, w sanktuarium maryjnym w Skrzatuszu, został zamontowany podobny aparat.

Zarówno sama aparatura, jak i nieznana bliżej metoda wydała się interesująca z punktu widzenia kryteriów konserwatorskich, przede wszystkim nieinwazyjności. Nowa technologia okazała się zagadką nawet dla tych, którzy zaczęli ją wdrażać w Polsce, wykorzystując aparaty importowane z Europy Zachodniej, gdzie metodę tę stosowano od trzydziestu lat. Sprzedawcy nowej technologii nie potrafili odpowiedzieć na postawione przeze mnie pytania o zasadę działania aparatów, ich skuteczność, czas trwania procesu osuszania i wpływ na polichromię. W fachowej literaturze i na konferencjach naukowych rozgorzała ostra polemika pomiędzy zwolennikami i przeciwnikami nowej metody. Nie sposób było nie zauważyć polaryzacji dyskutantów w zależności od stosowanej i proponowanej technologii. Zwolennikom metody elektrofizycznej zarzucano szerzenie pseudonauki, bazującej na nieświadomości i motywacji komercyjnej. Przewodzone w Krakowie, w Warszawie i w Bydgoszczy badania nad techniką elektrofizyczną były ukierunkowane przede wszystkim na rozpoznanie samego zjawiska fizycznego. Brak jednoznacznych wniosków z tych analiz sprawił, że wiele osób sceptycznie odniosło się do tej metody, a nawet stało się jej zagorzałymi przeciwnikami. Dodatkowym argumentem dla nich była nieudana próba skonstruowania polskiego produktu opartego na wzorach zachodnich. Rozmowy z konserwatorami i inwestorami ujawniły także dużą nieufność do nieznannej metody.

Pierwsze firmy oferujące osuszanie murów metodą elektrofizyczną w Polsce z czasem zaprzestawały działalności, a w ich miejsce pojawiały się nowe, proponujące tylko importowane aparaty z patentem.

Poniżej przedstawiono główne urządzenia dostępne na polskim rynku. Sumując, należy stwierdzić, że metoda elektrofizyczna od początku budziła kontrowersje. Po części ze względu na swój tajemniczy, chroniony patentem charakter, po części ze względu na konkurowanie firm zajmujących się osuszaniem budynków innymi metodami. Badania prowadzone wcześniej m.in. przez dr M. Wesołowską z ATR w Bydgoszczy dawały wyniki pozytywne, a w innych przypadkach negatywne. W trakcie realizacji tej pracy okazało się, że negatywne wyniki dają zawsze badania prowadzone na sztucznych murach w warunkach laboratoryjnych. Potwierdzają to także badania dr M. Wesołowskiej. Nie może być inaczej, gdyż z istoty tej metody wynika, że badania można prowadzić tylko *in situ*, w obiekcie związanym z ziemią. Dlatego wcześniejsze badania są obciążone błędem metodologicznym i nie można ich uznać za obiektywne i miarodajne. W związku z tym badania, które przeprowadziłem na obiektach rzeczywistych, z jednej strony pozwoliły wypracować prawidłową metodykę kontroli stanu budynku osuszanego metodą elektrofizyczną, z drugiej zaś – badania prowadzone na przestrzeni wielu lat pozwoliły, zwłaszcza w przypadku Kcyni, dobrze ocenić obiekt i procesy, które w nim zachodziły.

Opis urządzeń osuszających tzw. metodą elektrofizyczną oferowanych na polskim rynku

W Polsce są stosowane urządzenia opatentowane w Austrii, Szwajcarii i Francji. W Austrii opracowano i opatentowano systemy AQUAPOL i AQUASTOP. Na pierwszym z nich w Polsce oparto metodę WIGOPOL⁴. Modyfikacją AQUAPOLU są HYDROPOLAR i AQUANT⁵. Produktem szwajcarskim jest z kolei system RONDON WE, produkco-

⁴ Metoda WIGOPOL jest stosowana przez firmę Anakom z Krakowa.

⁵ M. Wesołowska, *Elektrofizyczna metoda osuszania murów*, „Materiały Budowlane”, 1997, nr 6, s. 41–42; eadem, Wpływ zewnętrznego pola elektromagnetycznego.

wany i stosowany od początku lat 80., a w Polsce wykorzystywany od początku lat 90. We Francji działa system MUR-TRONIC, którym osuszono ponad 2500 budynków, w tym liczne obiekty zabytkowe. W Polsce system ten jest stosowany od 17 lat⁶.

Metoda AQUAPOL

Zjawiska, w wyniku których dochodzi do blokowania wilgoci kapilarnej w murach, firma AQUAPOL określiła jako magnetoosmozę i magnetofo-rezę, a następnie jako magnetokinezę. Podstawy tej teorii są zawarte w pracach fizyka Nikoli Tesli⁷, które później rozwinął i opatentował w 1985 roku

⁶ System Rondon i Mur-tronic są stosowane w Polsce przez firmę BTM dr. Ryszarda Jurkiewicza z Warszawy. Pierwsze urządzenie Rondon zostało zastosowane eksperymentalnie w Krakowie w aptece przy pl. Wolności, jesienią 1989 r. Producentem urządzenia RONDON WE jest szwajcarska firma Coufal-elektronics, francuskiego MUR-TRONIC – firma GECO.

⁷ Nikola Tesla (1856–1943) – wynalazca w dziedzinie elektryczności. Urodzony w Jugosławii, wykształcenie zdobył na Politechnice w Grazu i na Uniwersytecie Praskim. Pracował jako inżynier w telefonii w Pradze i Paryżu. Opracował i wykonał prototyp nowego rodzaju silnika bez komutatora, działającego na zasadzie wirującego pola magnetycznego wytwarzanego przez wielofazowe prądy zmienne. W Europie jego wynalazek nie wzbudził zainteresowania, w związku z czym Tesla wyemigrował do Stanów Zjednoczonych w 1884 r. i tam przez pewien czas współpracował z Tomaszem Edisonem. Później założył własne laboratorium, w którym opracował patenty na silnik wielofazowy, dynamo, transformatory do kompletnego systemu prądu zmiennego. W końcu sprzedał swoje „wielofazowe” patenty za 1 mln \$ Georgowi Westinghousowi, który zobowiązywał się do płacenia wynalazcy tantiem. Obaj panowie doprowadzili do uznania bezpieczeństwa prądu zmiennego, dzięki czemu zaczął on być wykorzystywany na całym świecie. Warto tu wymienić liczne ciekawe realizacje Nikoli Tesli: oświetlenie targów w Chicago, elektrownia wodna na wodospadzie Niagara, zainstalowanie systemu prądu zmiennego w kopalniach srebra w Kolorado. Wraz ze wzrostem znaczenia przemysłu elektroenergetycznego był promowany przez media, aż na przełomie XIX i XX w. stał się tak sławny jak Edison. Liczne są także wynalazki rozwinięte i opatentowane we własnym laboratorium na Manhattanie: urządzenia elektryczne oparte na wysokonapięciowych prądach wysokiej częstotliwości, czyli cewka indukcyjna zwana cewką Tesli, radio, oświetlenie, promieniowanie X i elektroterapia. Wynalazki z dziedziny wysokiej częstotliwości zostały zignorowane przez współczesną technologię, podobnie jak turbina talerzowa i odbiornik darmowej energii (dziś nazywanej odnawialną) – zob. *Bezinwazyjny system*

austriacki inżynier Wilhelm Mohorn⁸. Urządzenia metody AQUAPOL składają się z wiązki drutów miedzianych umieszczonych w różnych obudowach (il. 1). Pracują one bez zasilania, a energię czerpią z dostępnego wszędzie pola elektromagnetycznego Ziemi. W ten sposób wytwarza się pole elektromagnetyczne, odpowiednio spolaryzowane, o małym natężeniu, które ukierunkowuje cząsteczki wody, odwraca elektryczny potencjał muru i wywołuje ruch cząsteczek wody w kierunku Ziemi.

Rysunek 1 objaśnia, w jaki sposób działa przykładowe urządzenie AQUAPOL zamontowane w sanktuarium maryjnym w Skrzatuszu⁹.

Aby urządzenie pracowało prawidłowo, firma wymaga przestrzegania kilku ważnych zasad, mianowicie:

- urządzenie należy chronić przed nadmiernym zakurzeniem,
- urządzenie musi być uziemione,
- w celu ochrony przed zakłóceniami należy zgłosić technikowi źródła smogu elektrycznego (lodówki, telewizory, nadajniki o wysokich częstotliwościach) oraz miejsca instalacji elektrycznych lub wodnych w strefie poboru energii i jej przetwarzania¹⁰.

Metoda AQUASTOP

W 1992 roku austriacka firma AQUASTOP Kubalek-Kuhalek z Wiednia udostępniła do badań Wydziałowi Budownictwa Akademii Techniczno-

osuszania murów AQUAPOL®, Polska CPV, opracowanie reklamowo-informacyjne firmy AQUAPOL, s. 3.

⁸ Wilhelm Mohorn – austriacki inżynier (we wcześniejszych ulotkach firmowych znajdowała się informacja o zainteresowaniach radiestezyjnych p. Mohorna), który odniósł sukces jako wynalazca w dziedzinie wykorzystania energii. Opracował system osuszania murów bez wykorzystania prądu elektrycznego, za który otrzymał nagrodę państwową – medal Kapłana. Założył firmę AQUAPOL mającą obecnie przedstawicielstwa w kilku państwach europejskich: Czechach, Niemczech, Włoszech, Wielkiej Brytanii, Szwajcarii, Rumunii, Jugosławii, na Słowacji, Węgrzech i na Litwie. W Polsce firma funkcjonuje od 2003 r. – zob. ibidem.

⁹ Z powodów estetycznych stosowane typy obudowy są trudne do zaakceptowania przez konserwatorów zabytków, gdyż nie kwalifikują się one do zawieszenia w widocznych miejscach, np. w obiektach sakralnych.

¹⁰ Ibidem, s. 8.

-Rolniczej w Bydgoszczy jeden aparat osuszający typu A520¹¹. W taki sposób w Polsce pojawiła się technologia elektrofizyczna opracowana przez drugą firmę austriacką. Aparaty wykorzystywane w tej metodzie są zasilane prądem zmiennym 220 V, mają małą moc (max. 20 W) i niewielkie wymiary (il. 2).

Na rys. 2 przedstawiano schemat blokowy urządzenia. Element sterujący (2) jest zasilany z zasilacza (1) o napięciu stałym 36 V. Zasilacz składa się z transformatora i układu prostownika z kondensatorami filtrującymi. Napięcie stałe jest doprowadzone do urządzenia sterującego za pomocą kabla dwubiegunowego ze złączem wtykowym. Napięcie stałe zasila układ oscylatora (3) w celu wytworzenia impulsu pobudzającego o wartości pomiędzy 1 Hz–50 kHz. Wytworzone w oscylatorze pulsujące napięcie stałe zostaje doprowadzone za pomocą dwóch elektrycznych przewodów do obwodu rezonansowego (4), który oscyluje z własnym rezonans w sposób pulsacyjny tłumiony. Obwód rezonansowy jest połączony w sposób elektrycznie przewodzący z katodą zbiorczą (7) za pomocą ekranowego przewodnika (6) przez prostownik germanowy¹².

Aparaty montuje się tak, aby promień działania emitowanych fal elektromagnetycznych objął cały budynek. Miejsca montażu to przede wszystkim ściany piwnic lub – w przypadku budowli bez piwnic – ściany parteru. W pierwszej fazie emitowane przez aparat pole elektromagnetyczne zmienia kierunek migracji wilgoci z muru ku gruntowi, natomiast w drugiej fazie urządzenie pełni już funkcję blokady przeciwwilgociowej i zapobiega ponownemu podciąganiu kapilarnemu. Z badań wykonanych na ATR w Bydgoszczy wynika, że emitowane fale elektromagnetyczne o długości fal radiowych generują pole elektryczne. Metoda ta wykorzystuje zjawisko elektroosmozy i wykazuje skuteczność w miejscach bezpośredniego ustawienia aparatów. Proces osuszania tą metodą według danych reklamowych trwa od kilku miesięcy do trzech lat¹³.

¹¹ Ulotka informacyjno-reklamowa firmy AQUASTOP, s. 1.

¹² [ba], *Systemy naprawcze*, „Renowacje”, 2000, nr 4, s. 124.

¹³ W. Woźnicki, *Metody osuszania i izolacji*, „Renowacje i Zabytki”, 2003, nr 3, s. 112.

Metoda WIGOPOL®

Oryginalny system osuszania murów WIGOPOL jest także austriackim wynalazkiem z czterema austriackimi patentami. Metoda została wprowadzona na rynek austriacki najpierw w 1980 roku, a w latach 1985, 1986, 1987 i 2001 uzyskała kolejne patenty austriackie. Oznaczenie „WIGOPOL® – Mauerentfeuchtungs-System” stanowi gwarancję oryginalnego produktu, który w zasadzie jest pochodną systemu AQUASTOP. W Polsce metodę wprowadziła firma Anakom s.c. z Krakowa w 1992 roku.

Metoda WIGOPOL działa, wykorzystując prawa fizyki Ziemi. Mianowicie urządzenie wytwarza między swoją anteną (biegun dodatni) a gruntem, który jest zawsze biegunem ujemnym, słabe zmienne pole elektromagnetyczne. Za pomocą takiego pola następuje bezpośrednie oddziaływanie na cząsteczki wody, które zostają przyciągnięte przez ujemnie naładowany grunt. Woda zostaje wyprowadzona z muru dwoma drogami. Z głębokich warstw muru migruje kapilarami w kierunku gruntu, a z warstw powierzchniowych wyparowuje.

System WIGOPOL® w trakcie wdrażania i obserwacji uzyskiwanych efektów został zmodyfikowany. W pierwszym etapie stosowano urządzenia, które nie były zasilane prądem. Obniżały one poziom kapilarnego zawilgocenia murów, ale nie gwarantowały stałej skuteczności działania systemu. Dlatego w drugim etapie opracowano aparaty nowej generacji – elektroniczne (il. 3).

Aparaty elektroniczne pracują zasilane minimalnymi dawkami zewnętrznej energii, dostarczanej w formie prądu elektrycznego. Charakteryzują się one ciągłym i równomiernym sposobem pracy, w wyniku czego oddziałują ciągle na cząsteczki wody.

Miejsce montowania aparatów jest znane tylko technikom diagnozującym obiekt, chociaż generalnie w tej metodzie aparaty te spotyka się w górnych partiach budowli, np. na poddaszu.

Metoda elektroniczna – MUR-TRONIC i RONDON WE

Metoda elektroniczna wykorzystuje zjawisko powstawania pola elektrycznego w zawilgoconym na skutek podciągania kapilarnego murze. Elektromagnetyczne pola ziemskie, obok sił kapilarnych i elektroosmotycznych,

wpływają na wznoszenie się kapilarne wody w strukturze porowatej. Różnica potencjału, jaka powstaje między dolną (zawilgoconą) a górną (suchą) partią muru, w obecności pola elektromagnetycznego może spowodować wystąpienie napięcia rzędu 400–500 mV. Przy takich wartościach napięcia woda może zostać wzniesiona w materiale budowlanym na wysokość około 2 m. Neutralizacja pól elektromagnetycznych powoduje spadek tego napięcia do 100 mV już po upływie kilku godzin i powstrzymuje podciąganie kapilarne wody. Metoda elektronicznego osuszania murów polega właśnie na wytworzeniu kontrapól elektromagnetycznych, które mają za zadanie wyeliminowanie różnicy potencjału występującego w systemie kapilarnym muru¹⁴. Dzięki rozwojowi nowoczesnej technologii został skonstruowany elektroniczny aparat emitujący impulsy elektromagnetyczne. Jego oddziaływanie na powstałe w zawilgoconym murze pole elektryczne ma prowadzić w efekcie do osuszenia murów i stworzenia blokady dla wilgoci kapilarnej.

Urządzenia stosowane w metodzie elektronicznej są produkowane w różnych typach, różnią się zasięgiem działania i częstością generowanych impulsów. Na rynku są obecne dwa typy urządzeń: MUR-TRONIC produkcji francuskiej i RONDON WE produkcji szwajcarskiej. Zakres oddziaływania elektronicznego systemu osuszania nie ogranicza się do określonej płaszczyzny czy poziomu. Obejmuje on wszystkie mury znajdujące się w polu działania, aż do poziomu posadowienia. System ten likwiduje przyczynę zjawiska, jakim jest kapilarne podciąganie, a nie tylko jego efekt, jakim jest woda w kapilarach. Warunkiem tego, by osuszone mury pozostały trwale suche, jest pozostawienie systemu na stałe w obiekcie. Przed montażem urządzeń należy dokładnie zbadać stopień zawilgocenia murów i ustalić, czy jest ono wynikiem podciągania kapilarnego. Ważną cechą wymienionych systemów stanowi możliwość montażu bez konieczności wykonywania jakichkolwiek prac budowlanych, co jest szczególnie istotne w przypadku obiektów zabytkowych – tu ingerencja w substancję zabytkową jest zawsze dyskusyjna. W razie rezygnacji z me-

¹⁴ R. Jurkiewicz, Dokumentacja techniczna, firma BTM Jurkiewicz Badania, Technologie, Materiały; idem, *System Rondon WE – elektroniczne osuszanie murów*, „Materiały Budowlane”, 1997, nr 208, s. 40; idem, *System Rondon WE – elektroniczne osuszanie murów*, „Formaty”, 1998, nr 1, s. 74.

tody decyzja ta nie pociąga za sobą żadnych konsekwencji technicznych – mury pozostają nienaruszone.

Elektroniczny system osuszania może być stosowany w murach o niejednorodnym składzie (np. mury wielowarstwowe), zarówno ceglanych, jak i kamiennych, a urządzenia nie stanowią zagrożenia dla ludzi i środowiska. Zasada działania tej metody polega na modyfikacji ładunków elektrycznych w kapilarach przez neutralizację siły wznoszącej molekule wody w górne partie muru. Napięcie powierzchniowe wody, jak również kąt menisku w kapilarach zostają zmodyfikowane. System rozwija kontrpole elektromagnetyczne i odwraca nim siłę przyciągania oddziałującą na wodę. Wznoszenie wody w murze zostaje zlikwidowane. Natomiast sam mur ulega „depolaryzacji”, w wyniku czego nie można już stwierdzić żadnych sił i napięć elektrycznych obecnych w murze.

Właściwości dynamiczne wody w kapilarach także zostają zmodyfikowane. Cel ten osiąga się w praktyce przez zastosowanie obwodów elektronicznych o bardzo dużej czułości. W przypadku aparatu MUR-TRONIC (il. 4) energia niezbędna do jego zasilania jest czerpana z ziemskich pól elektromagnetycznych. Ma wartość rzędu kilkudziesięciu mikrowoltów i jest wystarczająca. Istotny jest fakt, że w przypadku aparatów MUR-TRONIC wystarczy bardzo słaba energia, aby zmodyfikować ładunek elektryczny molekule wody, która zachowuje się jak dipol elektryczny. Proces ten nie ma nic wspólnego z procesem elektroosmozy, wymagającym zastosowania znacznie większej ilości energii, aby wprowadzić wodę w ruch w kierunku dolnej partii muru.

Rysunek 3 przedstawia graficznie funkcjonowanie urządzenia MUR-TRONIC, które spełnia dwie funkcje: funkcję odbiorczą i funkcję nadawczą. Funkcja odbiorcza składa się z obwodów elektronicznych wyregulowanych na częstotliwość pól ziemskich. Energia, która pochodzi z rezonansu, pozwala zasilić funkcję nadawczą. Są to częstotliwości F1, F2 i F3 (na rysunku jest przedstawiona częstotliwość F1). Funkcja nadawcza urządzenia emituje kontrpole o częstotliwości odpowiadającej poprzednio wymienionym, ale zdefazowane o 180° F'1, F'2 i F'3 (na rysunku jest przedstawione F'1). To odwrócenie fazy daje w efekcie przeciwstawienie faz, a to z kolei powoduje neutralizację ładunków elektrycznych w murze.

Metoda elektroniczna RONDON WE została opracowana i opatentowana przez polską firmę „BTM Jurkiewicz”. Różnica między opisanym

wyżej aparatem polega na tym, że w tym przypadku jest wymagane zasilanie prądem elektrycznym. Długotrwałe działanie urządzenia w obiekcie stanowi blokadę przed kapilarnym wznoszeniem wilgoci w strukturze kapilarno-porowatej muru i pełni w ten sposób funkcję izolacji poziomej.

Należy podkreślić, że bardzo trudno jest osuszyć idealnie budynek zawilgocony. Każda metoda ma swoje zalety i wady. Niemniej jednak wybór metody blokującej zawilgocenie murów i malowideł ściennych musi być bezwzględnie poprzedzony przeprowadzeniem kompleksowych badań i pomiarów, mających na celu ustalenie przyczyn i rozmiaru powstałego zawilgocenia. Niezbędna jest wstępna wiedza na temat obiektu jako całości, a więc jego warunków gruntowo-wodnych, fundamentów, struktury murów, rodzaju zapraw, a także technologii i technik samych malowideł.

Cele i założenia badań

Badania nad skutecznością metody elektrofizycznej przeprowadzono z pozycji konserwatora dzieł sztuki skoncentrowanego na ochronie malowideł ściennych wykonanych na podłożu murowanym. Miały one na celu ustalenie, czy metoda elektrofizyczna jest skuteczna i czy można ją zastosować w różnych typach podłoży konstrukcyjnych malowideł ściennych.

Poszukiwano odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy metoda jest skuteczna?
2. Czy spełnia kryteria konserwatorskie: nieinwazyjność, odwracalność, długotrwałość działania?
3. W jakim czasie można uzyskać wartości pomiarowe charakterystyczne dla muru suchego?
4. Czy rozwiązuje problem zasolenia malowideł ściennych?
5. Czy umożliwia ingerencje konserwatorsko-restauratorskie w substancję malarską podczas pracy urządzenia?

Charakterystyka metodyki badawczej i uzyskane wyniki

Badania przeprowadzono dwutorowo: laboratoryjnie – na przygotowanych modelach murów ceglanych pokrytych polichromią, oraz w obiektach zabytkowych, w których znajdowały się polichromie ściennie wykonane w różnych technikach i pochodzące z różnych okresów historycznych.

Do badań laboratoryjnych przygotowano modele murów pokrytych polichromiami imitującymi podłoża i malowidła ściennie w różnych technikach. Po zainstalowaniu aparatu AQUAPOL w pobliżu modeli po okresie trzech i sześciu miesięcy nie zaobserwowano efektu blokowania podciągania kapilarnego. Natomiast na powierzchni warstwy malarskiej pojawiły się liczne kolonie bakterii i grzybów, stosownie do podłoża, na jakim wyrosły (il. 5).

Badania terenowe przeprowadzono w murowanych obiektach architektonicznych, które spełniały konieczne do analiz kryteria:

- były zawilgocone kapilarnie,
- nie osuszano ich innymi metodami, co było konieczne do uzyskania wiarygodnych wyników eksperymentu.

Do badań zastosowano dwa aparaty wykorzystujące zjawiska elektrofizyczne:

- aparat firmy AQUAPOL (prod. austriackiej),
- aparat RONDON WE 400-S (prod. szwajcarskiej), zasilany energią elektryczną.

Pomiary kontrolne zawartości wilgoci początkowej i końcowej w układzie mur–tynk–malowidło wykonano za pomocą metody dielektrycznej, używając aparatu HIGROTEST 6500 (prod. niemieckiej). Ponadto prowadzono obserwację powierzchni malowidła podczas procesu wysychania pod kątem zmian optycznych (ewentualna krystalizacja soli, zmiany barwne).

Do badań wytypowano następujące obiekty:

1. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą – XII wiek,
2. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu – koniec XVII wieku,

3. Kościół pw. Narodzenia NMP w Żernikach – XV wiek,
4. Krużganki odpustowe w Kcyni – XVIII wiek.

Tum pod Łęczycą

Mury kolegiaty w Tumie pod Łęczycą zostały zawilgocone kapilarnie do około 13%. Źródłem zawilgocenia była woda gruntowa i rozproszona, pochodząca z nieszczelnego dachu i spękanych murów. Do zawilgocenia kościoła przyczynił się również poprowadzony wzdłuż ścian kanał odwadniający, który wprowadzał wody opadowe wprost do murów. W badaniach wykorzystano aparat firmy AQUAPOL. Wykonano cztery kontrolne pomiary wilgotności murów, w trzech punktach, na pięciu wysokościach od poziomu posadzki (rys. 4).

Badania wykazały, że po 16 miesiącach od zainstalowania aparatu zawilgocenie murów zmniejszyło się. Największą wilgotność stwierdzono na wysokości 120 cm od posadzki, ponieważ woda inwazyjna napływała ciągle przez spękane mury kościoła i nieszczelności na styku dach–mur. Na uzyskane wyniki miały niewątpliwie wpływ inne źródła zawilgocenia.

Wyniki pomiarów pokazują jednak, że nawet w tak trudnych warunkach jak obecność dodatkowych źródeł zawilgocenia aparat przyczynił się do zmniejszenia zawilgocenia murów dzięki blokowaniu podciągania kapilarnego. Proces blokowania kapilarnego został przerwany wskutek usunięcia aparatu przez użytkownika obiektu. W tej sytuacji nie można było prowadzić dalszych badań.

Sanktuarium w Skrzatuszu

Zawilgocenie murów było spowodowane ukształtowaniem terenu, rodzajem gruntu i stopniem jego zawilgocenia oraz nieprawidłowo przeprowadzonymi remontami (założone cementowe tynki na wysokości 1 m ponad posadzką wewnątrz kościoła).

Pomiary kontrolne wilgotności murów przeprowadzono w latach 1996–1997, wykorzystując aparat zainstalowany przez firmę AQUAPOL. Badania przeprowadzono w dwóch punktach na wysokości 40 cm i 80 cm od posadzki, poniżej barokowych malowideł.

Pierwsze pomiary wilgotności muru wykazały jego silne zawilgocenie o wartości 13–14%. Kolejne pomiary kontrolne dowiodły skuteczności

blokowania podciągania kapilarnego przez zainstalowany aparat. W ciągu 14 miesięcy poziom wilgoci został obniżony do wartości klasyfikującej mury jako średnio zawilgocone, czyli do 5–8%. Większość wilgoci została ukierunkowana do gruntu, a niewielka jej część odparowywała powierzchnią muru, ponad posadzką kościoła. Nie kontynuowano dalszych badań, gdyż aparat został usunięty przez użytkownika.

Kościół w Żernikach

Na wysokości 150 cm od poziomu posadzki występowały zniszczenia tynków spowodowane podciąganiem kapilarnym. Zawilgoconym murom wewnątrz kościoła towarzyszył intensywny zapach stęchlizny. Pomiary wilgotności bezwzględnej murów wykonano w dwóch punktach, na czterech różnych wysokościach.

Po stwierdzeniu znacznego zawilgocenia murów pod chórem zamontowano aparat AQUAPOL na okres 25 miesięcy.

Badanie początkowe wykazało silne zawilgocenie murów. Po dwóch miesiącach od zamontowania aparatu AQUAPOL stwierdzono obniżenie się zawilgocenia murów. Po 25 miesiącach pracy aparatu zawartość wilgoci w murach obniżyła się do 3–4% wilgotności bezwzględnej, a w stosunku do wartości początkowej obniżyła się o około 70%. Wynik ten uznano za bardzo dobry.

Aparat AQUAPOL po dwóch latach pracy wytworzył blokadę przeciwnokapilarną w murze. Wilgoć, która nie została ukierunkowana ponownie do gruntu, naturalnie wyparowała z porów i kapilar muru materiału budowlanego. Można przypuszczać, że w trakcie osuszania muru pewna ilość rozpuszczonych w wodzie soli została „zepchnięta” do gruntu, dzięki czemu krystalizacja na powierzchni warstwy malarskiej była niewielka.

Krużganki odpustowe w Kcyni

Pomiary kontrolne zawilgocenia murów wykonano w dwóch odległych od siebie punktach, na trzech głębokościach (il. 6).

Badania początkowe, wykonane przed zamontowaniem aparatu RNDOM WE 400-S, wykazały silne zawilgocenie murów dochodzące do 14%. Ponadto w powietrzu utrzymywała się wysoka wilgotność

sprzyjająca kondensacji na zimnych powierzchniach malowideł, posadzki i okien. Już po ośmiu miesiącach podciąganie kapilarne zostało zablokowane, a stopień zawilgocenia murów obniżył się. Kolejne pomiary kontrolne wykazały tendencję spadkową. Po 29 miesiącach pracy aparatu zawartość wilgoci w murach obniżyła się do wartości około 3%, co należy uznać za wynik bardzo dobry. Taki stan wilgotności w murach określa się jako dopuszczalny i klasyfikuje mur jako „suchy”. Zestawienie pomiaru początkowego i ostatniego pokazało, że zawartość procentowa wody w murze została obniżona o około 85%.

Aparat RNDOM WE 400-S po dwóch latach i pięciu miesiącach pracy wytworzył blokadę przeciwnkapilarną w murze, którą trwale utrzymuje. Pozostała niewielka zawartość wilgoci w murach, która nie została ukierunkowana ponownie do gruntu, naturalnie wyparowała z kapilar muru i warstwy malarskiej. Proces osuszania przebiegał nieprzerwanie i łagodnie, nie powodując agresywnej krystalizacji soli na powierzchni malowideł ściennych.

Zaobserwowano także prawie całkowity zanik kondensacji pary wodnej na zimniejszych powierzchniach budowli. W krużgankach odpustowych w Kcyni zainstalowany aparat pracuje już od 10 lat. W tym czasie zrealizowano prace konserwatorsko-restauratorskie przy dziesięciu Stacjach Drogi Krzyżowej. Przez cały ten okres nie zaobserwowano niepokojących zmian na powierzchni konserwowanych polichromii.

Aparatura metody elektrofizycznej wytworzyła przepoń przeciwwilgociową o cechach długotrwałego funkcjonowania.

Wnioski

Badanie skuteczności metody elektrofizycznej na przygotowanych modelach okazało się nieskuteczne. Małe modele murów nie odzwierciedlają realnych zjawisk i czynników występujących w obiektach zabytkowych. Natomiast w przypadku wszystkich obiektów rzeczywistych, w których zainstalowano aparaty, zaobserwowano wpływ działania tych urządzeń na proces blokowania podciągania kapilarnej wody w murach. Przeprowadzone badania pozwoliły sformułować następujące wnioski:

1. Metoda elektrofizyczna może być wykorzystywana do blokowania podciągania kapilarnego wilgoci w murach pokrytych malowidłami ściennymi.
2. Metoda elektrofizyczna może być zastosowana w przypadku, kiedy inne metody blokujące podciąganie kapilarne są niemożliwe lub niewskazane do użycia. W procesie osuszania murów pokrytych malowidłami ściennymi metoda ta może być uważana za uzupełnienie dotychczasowej oferty.
3. Metoda elektrofizyczna może skutecznie blokować jedynie zawilgocenie spowodowane podciąganiem kapilarnym wody. W celu całkowitego osuszenia murów niezbędne jest usunięcie innych przyczyn zawilgocenia (przeciekający dach, niedrożne rynny itp.).
4. Metoda elektrofizyczna, skutecznie blokując zawilgocenie kapilarne, pozwala przywrócić optymalne dla malowideł ściennych warunki wilgotnościowe w otoczeniu, redukuje zjawisko kondensacji pary wodnej wewnątrz obiektu oraz likwiduje całkowicie nieprzyjemny zapach stęchlizny w powietrzu (efekt obecności drobnoustrojów).
5. Metoda elektrofizyczna może być stosowana w obiektach wykazujących zróżnicowane formy architektoniczne (mury pełne, kruzganki itp.), utworzone z różnych materiałów budowlanych (kamień, cegła, zaprawy).
6. Czas trwania procesu osuszania murów pokrytych malowidłami ściennymi po zablokowaniu wznoszenia kapilarnego wody zależy między innymi od stopnia zawilgocenia muru i warunków wilgotnościowych otoczenia.
7. Metoda elektrofizyczna nie likwiduje całkowicie problemu krystalizacji soli na powierzchni warstwy malarskiej w trakcie osuszania murów. W przyszłości należałoby zbadać czynniki wpływające na zakres i stopień agresji krystalizujących soli podczas pracy urządzeń metody elektrofizycznej. W badaniach tych trzeba by ustalić, czy na to zjawisko wpływa rodzaj aparatu, czy uwarunkowania fizykochemiczne w strukturze materiałów kapilarno-porowatych.
8. Metoda elektrofizyczna pozwala na prowadzenie prac konserwatorsko-restauratorskich w trakcie osuszania murów.
9. Metoda elektrofizyczna spełnia wymogi konserwatorskie, takie jak: nieinwazyjność, odwracalność, długotrwały efekt.

[56]

Tab. 1. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą – wyniki pomiarów w dniu 27.04.1994 r.

Wysokość pomiaru od posadzki	Punkty pomiarów zawilgocenia w %		
	A	B	C
40 cm	11,91	12,78	X
60 cm	13,03	12,98	14,68
80 cm	13,56	13,60	14,71
100 cm	14,30	13,88	X
120 cm	15,02	14,60	X
Temp. °C	wew. 21, zew. 10		
Wilg. %	wew. 54, zew. 86		
Pogoda	pochmurna		
Dnia	27.04.1994 r.		

X – punkt, w którym nie wykonano nawiertu ze względu na kamień.

Tab. 2. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą – wyniki pomiarów w dniu 18.08.1995 r.

Wysokość pomiaru od gruntu	Punkty pomiarów zawilgocenia w %		
	A	B	C
40 cm	8,12	8,76	X
60 cm	8,48	8,54	8,91
80 cm	8,64	9,66	8,76
100 cm	13,76	13,72	X
120 cm	14,56	14,56	X
Temp. °C	wew. 23, zew. 21		
Wilg. %	wew. 60, zew. 61		
Pogoda	bezczmurna		
Dnia	18.08.1995 r.		

X – punkt, w którym nie wykonano nawiertu ze względu na kamień.

Tab. 3. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu – wyniki pomiarów początkowych w dniu 30.05.1996 r.

Wysokość pomiaru od posadzki	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
60 cm	13,32	14,44
80 cm	12,76	14,34
Temp. °C	wew. 17,7, zew. 20,7	
Wilg. %	wew. 59, zew. 60	

Ciąg dalszy tab. 3

Pogoda	słoneczna
Dnia	30.05.1996 r.

Tab. 4. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu – wyniki pomiarów w dniu 12.08.1997 r.

Wysokość pomiaru od posadzki	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
60 cm	7,01	8,01
80 cm	5,16	6,23
Temp. °C	wew. 18,7, zew. 20	
Wilg. %	wew. 57, zew. 59	
Pogoda	słoneczna	
Dnia	12.08.1997 r.	

Tab. 5. Kościół pw. Narodzenia NMP w Żernikach – wyniki pomiarów przed zamontowaniem aparatu AQUAPOL w dniu 14.05.1997 r.

Wysokość pomiaru od posadzki	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
40 cm	13,54	12,98
60 cm	12,56	12,78
80 cm	11,34	11,33
150 cm	8,98	7,92
Temp. °C	wew. 19,7, zew. 21,7	
Wilg. %	wew. 59, zew. 61	
Pogoda	słoneczna	
Dnia	14.05.1997 r.	

Tab. 6. Kościół pw. Narodzenia NMP w Żernikach – wyniki pomiarów w trakcie pracy aparatu AQUAPOL w dniu 28.06.1999 r.

Wysokość pomiaru od posadzki	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
40 cm	4,27	3,02
60 cm	3,34	2,55
80 cm	2,56	2,01
150 cm	2,12	1,44

[58]

Ciąg dalszy tab. 6

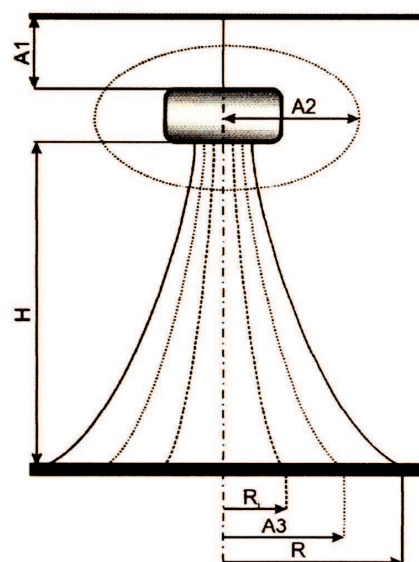
Temp. °C	wew. 20, zew. 23
Wilg. %	wew. 72, zew. 72
Pogoda	po deszczu
Dnia	28.06.1999 r.

Tab. 7. Krużganki odpustowe przy kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni – wyniki początkowych pomiarów wilgotnościowych muru od strony wschodniej (Stacja VI) przed zamontowaniem aparatu RNDOM WE 400-S, w dniu 5.06.2000 r.

Wysokość pomiaru od posadzki 25 cm		
Głębokość pomiaru w murze	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
10 cm	13,5	14,2
15 cm	12,8	13,7
20 cm	13,6	14,2
Temp. °C	wew. 18, zew. 17,7	
Wilg. %	wew. 49, zew. 50	
Pogoda	słoneczna	
Dnia	5.06.2000 r.	

Tab. 8. Krużganki odpustowe przy kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni – wyniki pomiarów wilgotnościowych muru po zamontowaniu aparatu RNDOM WE 400-S, w dniu 20.08.2002 r.

Wysokość pomiaru od posadzki 25 cm		
Głębokość pomiaru w murze	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
10 cm	3,4	3,2
15 cm	2,9	2,8
20 cm	2,9	2,7
Temp. °C	wew. 24,2, zew. 25,7	
Wilg. %	wew. 61, zew. 55	
Pogoda	słoneczna	
Dnia	20.08.2002 r.	



Rys. 1. Schemat aktywnego urządzenia AQUAPOL, za: Dokumentacja techniczna. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej, Skrzatusz, s. 9 [mps]:

H – wysokość od podłogi (190 cm),

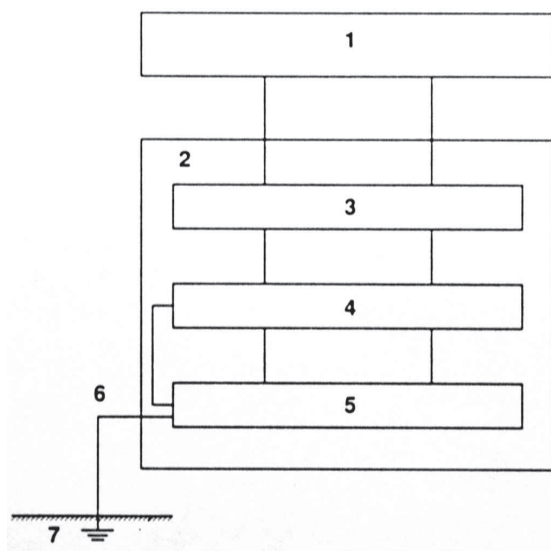
R – wyliczony promień strefy poboru energii (342 cm),

R_1 – wyliczony promień strefy poboru wrazliwej na elementy zakłócające (114 cm),

A1 – odległość od stropu (10 cm),

A2 – promień strefy przetwarzania energii mierzony od osi obudowy (43 cm),

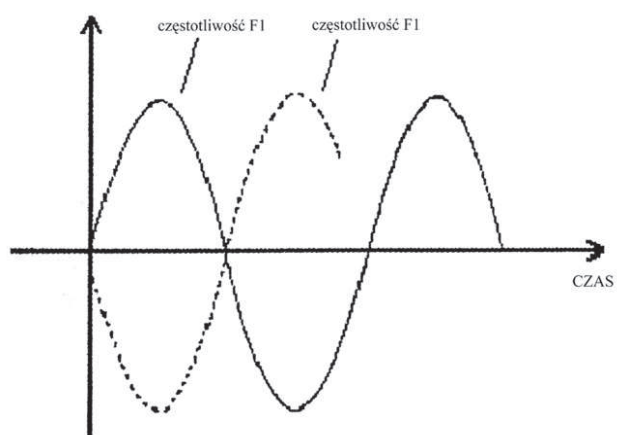
A3 – wielkość strefy wzbronionej dla miejsc dłuższego przebywania (228 cm)



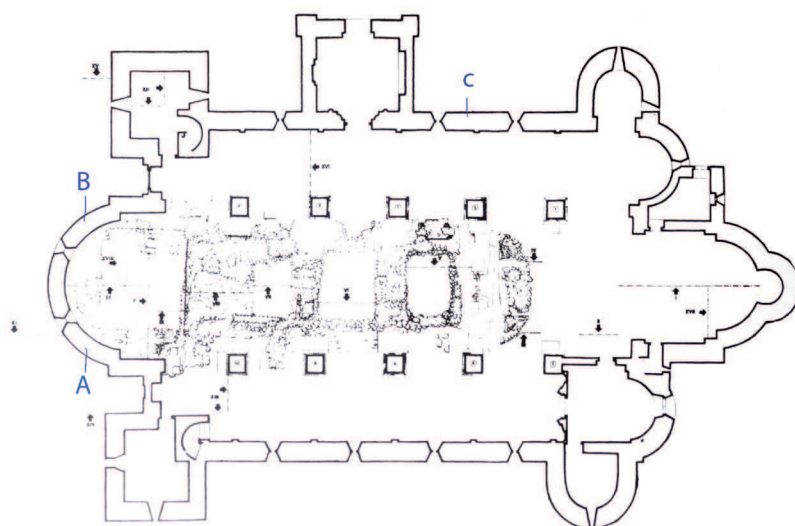
Rys. 2. Schemat blokowy metody AQUASTOP model 1001, za: karta techniczna opracowana przez firmę Wekami:

1 – zasilacz, 2 – urządzenie sterujące, 3 – oscylator, 4 – obwód rezonansowy, 5 – rezonator, 6 – ekranowy przewodnik, 7 – katoda zbiorcza

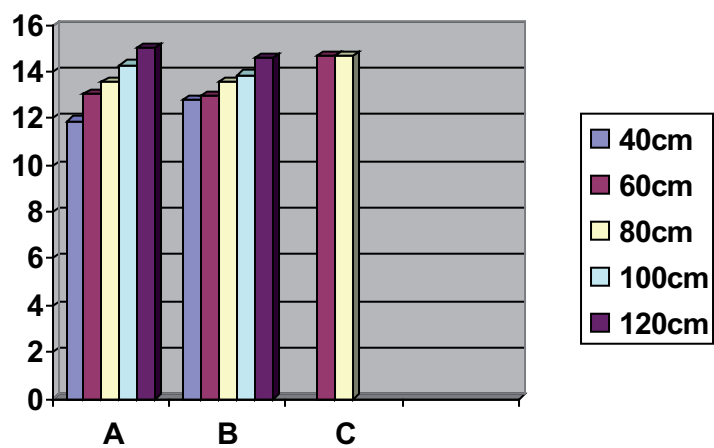
[60]



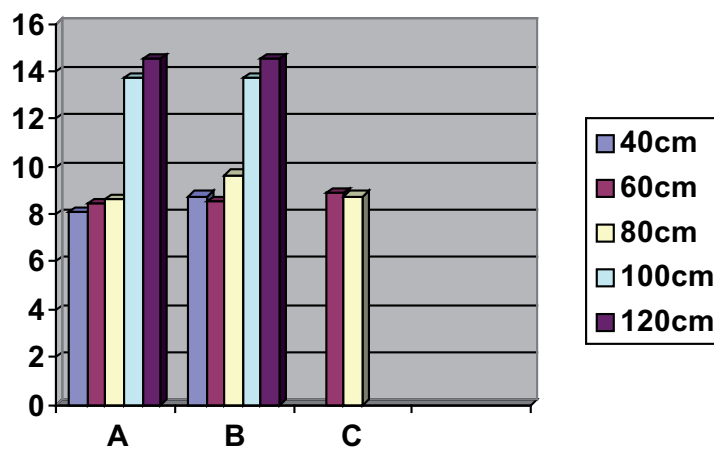
Rys. 3. Przedstawienie graficzne funkcjonowania systemu elektronicznego MUR-TRONIC, za: R. Jurkiewicz, Elektroniczny system osuszania murów mur-tronic, GECO Assechement, s. 36 [mps]



Rys. 4. Rzut poziomy murów archikolegiaty w Tumie pod Łęczycą z zaznaczeniem trzech punktów pomiarowych, za: S. Stawicki, *Tumskie refleksje*, „Ochrona Zabytków”, 1999, nr 2, s. 182

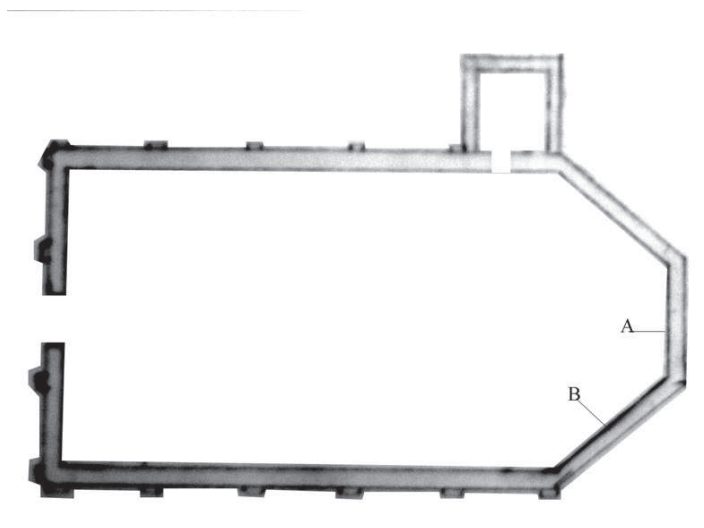


Rys. 5. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą – wykres do tab. 1 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze kamiennym

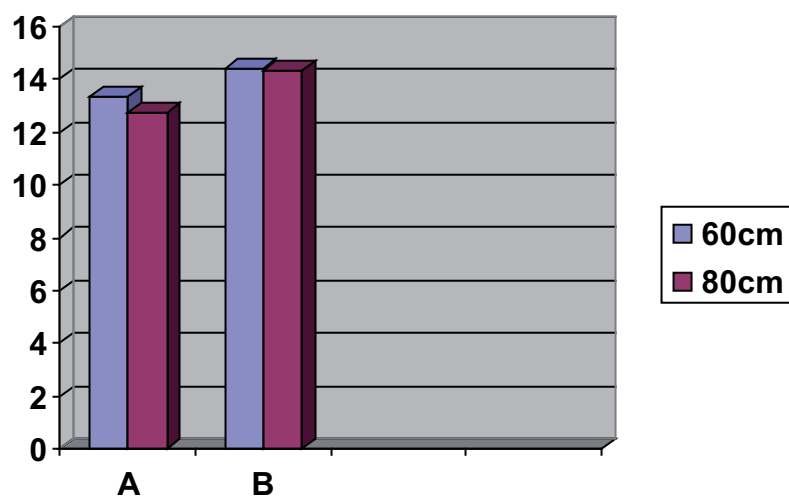


Rys. 6. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą – wykres do tab. 2 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze kamiennym po 16 miesiącach pracy aparatu AQUAPOL

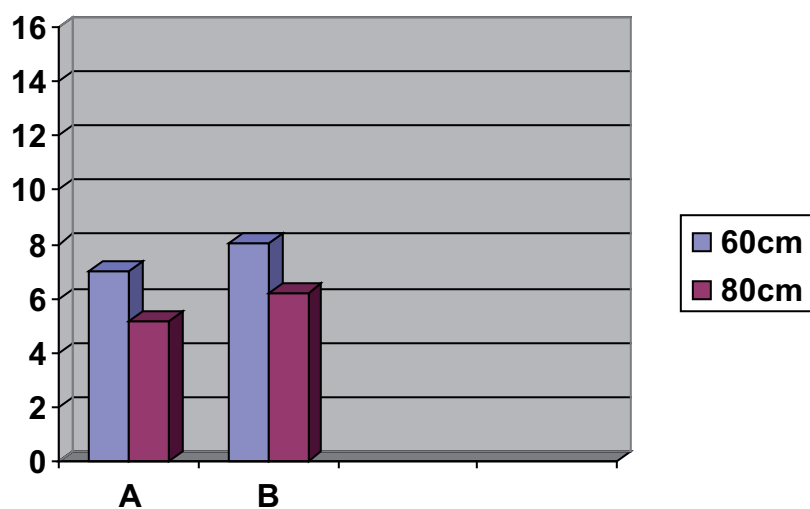
[62]



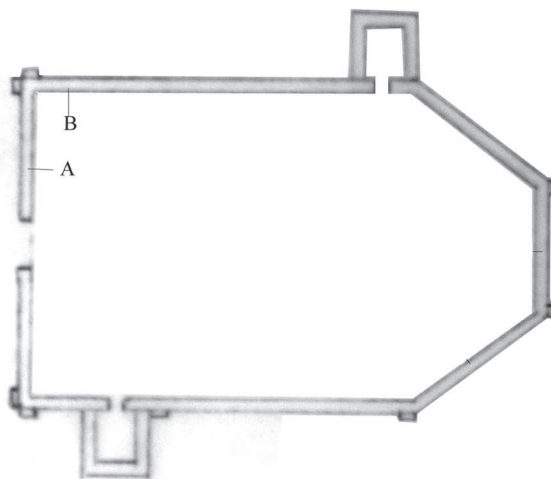
Rys. 7. Rzut poziomy Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu z zaznaczeniem punktów pomiarowych (oprac. S. Lim)



Rys. 8. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu – wykres do tab. 3 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglany podczas pracy aparatu AQUAPOL

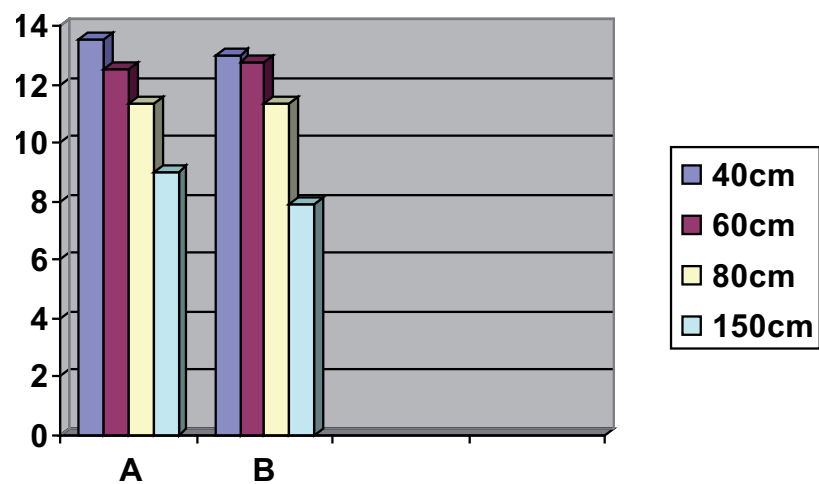


Rys. 9. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu – wykres do tab. 4 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglany po 14 miesiącach pracy aparatu AQUAPOL

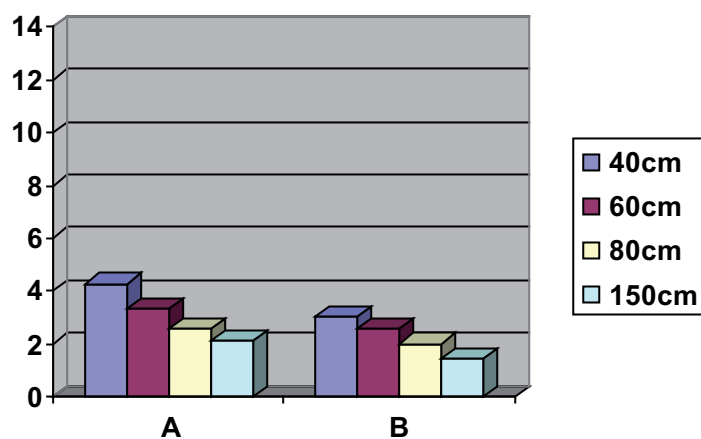


Rys. 10. Rzut kościoła pw. Narodzenia NMP w Żernikach z zaznaczeniem punktów pomiarowych (oprac. S. Lim)

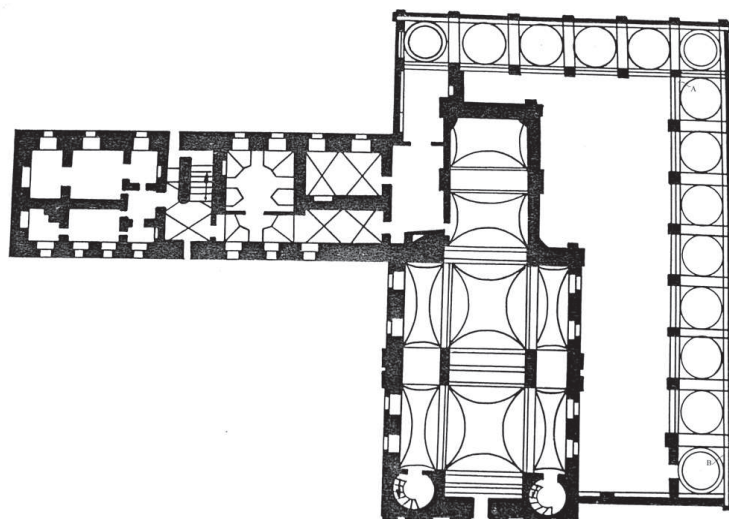
[64]



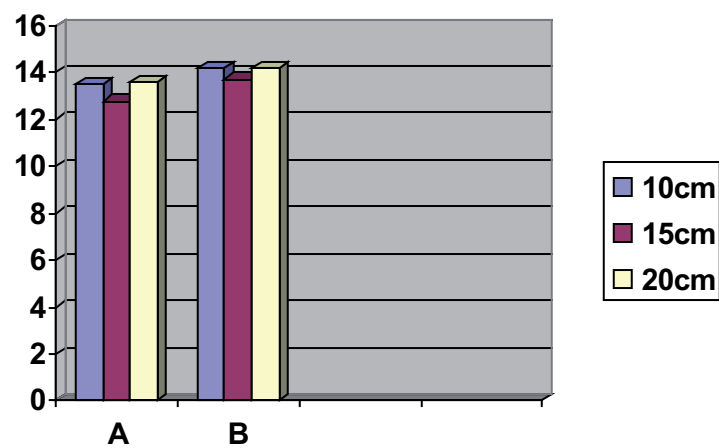
Rys. 11. Kościół pw. Narodzenia NMP w Żernikach – wykres do tab. 5 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglany przed zamontowaniem aparatu AQUAPOL



Rys. 12. Kościół pw. Narodzenia NMP w Żernikach – wykres do tab. 6 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglany po 25 miesiącach pracy aparatu AQUAPOL

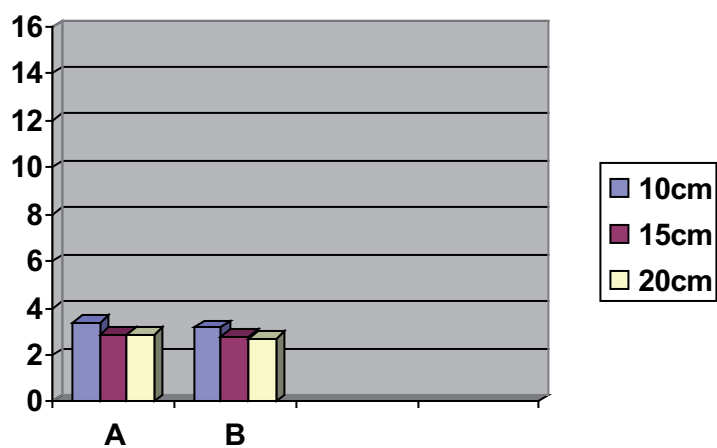


Rys. 13. Rzut klasztoru pokarmelitańskiego z krużgankami odpustowymi i kościołem pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni, za: Karta inwentaryzacyjna WUOZ w Bydgoszczy, oprac. mgr inż. H. Maciejewski



Rys. 14. Krużganki odpustowe przy kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni – wykres do tab. 6 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglany przed zamontowaniem aparatu RNDOM WE 400-S

[66]



Rys. 15. Krużganki odpustowe przy kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni – wykres do tab. 7 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglanym po 29 miesiącach pracy aparatu RNDOM WE 400-S

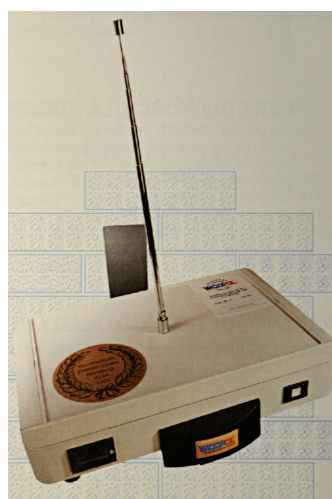


Il. 1. Przykłady obudowy urządzeń stosowanych w metodzie AQUAPOL (fot. materiały informacyjno-reklamowe firmy AQUAPOL)

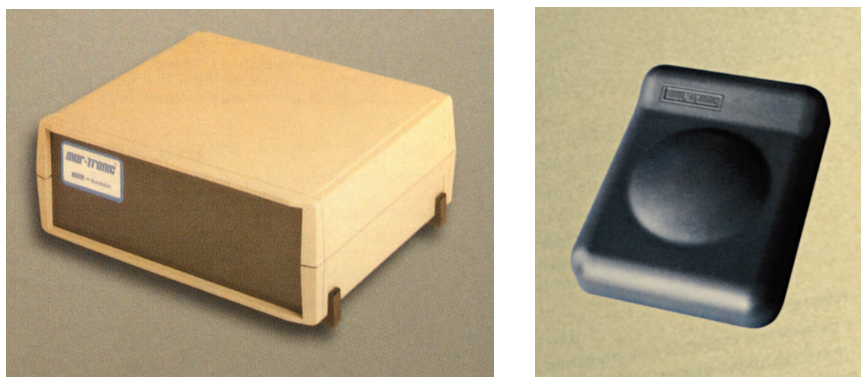


Il. 2. Przykład zamontowanego na ścianie austriackiego aparatu firmy AQUASTOP (fot. ulotka informacyjno-reklamowa firmy AQUASTOP, s. 1)

Il. 3. Aparat elektroniczny nowej generacji stosowany w metodzie WIGOPOL® (fot. materiały informacyjne firmy WIGOPOL®)



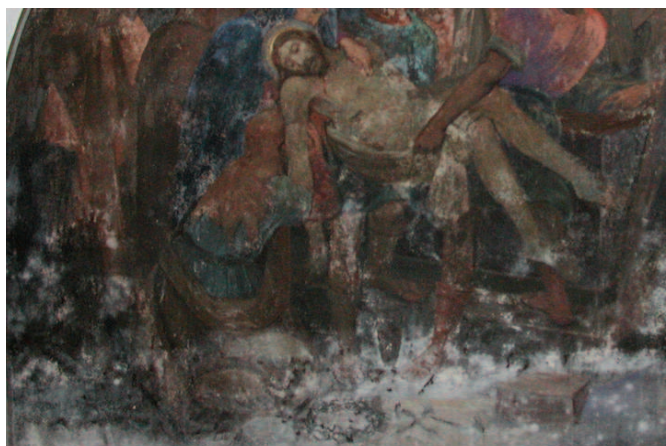
[68]



Il. 4. Aparaty systemu elektronicznego typu MUR-TRONIC stosowane przez francuską firmę GECO (fot. materiały informacyjno-reklamowe francuskiej firmy GECO)



Il. 5. Model imitujący malowidła ściienne w technice występującej w Polsce poddany kapilarnemu zawilgacaniu (fot. S. Lim)



Il. 6. Krużganki odpustowe przy kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni, Stacja XIV z widocznymi nawiertami pomiarowymi poniżej malowidła ściennego (fot. S. Lim)

Summary

Studies on efficiency of electrophysical method applied to blocking capillar dampness in wall paintings

The main aim of this paper is to estimate the usefulness of the non-invasive method of blocking capillary process in the walls according to the possibilities of applying this method in historical buildings with wall paintings. The researches were carried out in-situ using two kinds of devices – AQUAPOL (made in Austria) and RANDOM WE (made in Switzerland).

The obtained results show that the electrophysical method can be used for conservation treatments of blocking capillary process in damp walls covered with paintings. It can restore the optimum humidity conditions in the environment and reduce the condensation of water vapour inside the buildings. It can also completely remove the smell of mustiness. The electrophysical method can be applied in the buildings of varied architectural forms and materials. The method does not solve completely the problems of salts crystallization on the wall painting surfaces during the drying process but it fulfills the conservation conditions – is non-invasive, reversible and gives long-lasting effects.