

SOLIDA LIM

Zakład Konserwacji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej

## **BADANIA NAD SKUTECZNOŚCIĄ METODY ELEKTROFIZYCZNEJ W ZWALCZANIU WILGOTNOŚCI KAPILARNEJ MALOWIDEŁ ŚCIENNYCH<sup>1</sup>**

Zarys treści. W artykule 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 elektrofizycznych<sup>2</sup>, scharakteryzowano 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 czasach obecnych, ale także w przeszłości. Większość budowli murowanych, powstałych przed końcem XIX wieku, nie posiada izolacji poziomych. Izolacje takie na terenie Polski pojawiły się najpierw z

---

<sup>1</sup> 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 Rouba.

<sup>2</sup> 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 elektroniczna*, firma AQUAPOL używaną początkowo nazwę *metoda geomagnetohydrodynamiczna* zmieniła na *grawomagnekinetyczną*. Firma WIGOPOL używa nazwy *metoda elektrofizyczna*, a w literaturze znajdujemy jeszcze określenia *metoda elektromagnetyczna*. W niniejszym artykule postanowiono posługiwać się terminem *metoda elektrofizyczna*, zgodnie z określeniem, jaki został użyty przez dr inż. Marii Wesołowskiej w pracy doktorskiej pt. „Wpływ zewnętrznego pola elektromagnetycznego na kinetykę procesu nawilgacania i wysychania kompozytu ceramicznego”, promotor prof. dr hab. Piotr Klemm, Bydgoszcz-Łódź, 1999.

wykorzystaniem bitumów w poł. XIX w.<sup>3</sup>. Na szerszą skalę izolacje zaczęto stosować dopiero w latach dwudziestych XX wieku.<sup>4</sup> Brak izolacji poziomej lub jej degradacja połączona ze zjawiskiem podciągania kapilarnego wody z gruntu, to obecnie jeden z najpoważniejszych czynników niszczących malowidła ściennie. Ponieważ polichromie ściennie stanowią morfologiczną jedność ze swoim podłożem, narażone są 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 architektonicznej. Kłopotliwa wilgoć obecna jest przede wszystkim w obszarach sąsiadujących z gruntem, na którym posadowiona jest 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 uwarunkowana jest wieloma czynnikami, ale zależy 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 przyczyn zawilgocenia kapilarnego przysparza dużo problemów, gdyż niejednokrotnie wymaga zastosowania skomplikowanych technologii. Jednocześnie musi być dostosowana do potrzeb indywidualnych danego zabytku 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, spowodowanych zawilgoceniem budowli drogą kapilarną, autor spotykał się wielokrotnie w swojej praktyce konserwatorskiej. Na terenie Polski były to obiekty sakralne 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

---

<sup>3</sup> [ba], *Próba sztucznego asfaltu, czyli smołowca w Rogalinie we wrześniu 1838 r.*, „Przewodnik Rolniczy i Przemysłowy”, 1838, s. 103.

wdrożono wiele z nich, które czas już zweryfikował. Niektórych metod całkowicie zaniechano z powodu ich szkodliwości, zawodności, zbyt dużych nakładów pracy i kosztów, czy trudności w zastosowaniu. Inne ulepszano, opracowywano ich odmiany w zależności od bieżących odkryć w dziedzinie chemii i fizyki. Niezwykle dynamiczny rozwój w dziedzinie technologii materiałów i nowoczesnej aparatury miał miejsce także w ostatnich dziesiątkach lat. Niemalże równolegle pojawiły się dwie odmienne technologie. Pierwsza z nich to inwazyjne metody iniekcyjne, wykorzystujące nowe środki chemiczne i techniki ich aplikacji (lata 70-te XX w.). 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-te XX w.).

Na terenie Polski metodę elektrofizyczną zaczęto dynamicznie wdrażać w latach 90. XX wieku. Właśnie w tym czasie w Archikolegiacie w Tumie pod Łęczycą, gdzie malowidła ścienne 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, zamontowany został 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 stosując aparaty importowane z Europy Zachodniej, gdzie metodę tą 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 dyskusantów w zależności od stosowanej i proponowanej technologii. Zwolennikom metody elektrofizycznej zarzucano szerzenie pseudonauki, bazującej na nieświadomości i motywacji komercyjnej. Prowadzone w Krakowie, w Warszawie i w Bydgoszczy badania nad metodą elektrofizyczną ukierunkowane były przede wszystkim na rozpoznanie samego zjawiska fizycznego. Brak jednoznacznych wniosków z przeprowadzonych badań przysporzył metodzie wielu sceptyków, a nawet zagorzałych przeciwników. Dodatkowym argumentem dla przeciwników metody elektrofizycznej była nieudana próba skonstruowania polskiego

---

<sup>4</sup> J. Adamowski, J. Hola, Z. Matkowski, *Problemy remontowe zawilgoconych monumentalnych obiektów barokowych*, „Renowacje i Zabytki”, 2005, nr 1, s. 130.

produktu opartego na wzorach zachodnich. Rozmowy przeprowadzone z konserwatorami i inwestorami ujawniły także dużą nieufność wobec 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 oferowane na polskim rynku.

## OPIS URZĄDZEŃ OSUSZAJĄCYCH TZW. METODĄ ELEKTROFIZYCZNĄ OFEROWANYCH NA POLSKIM RYNKU

W Polsce mają zastosowanie urządzenia opatentowane w Austrii, Szwajcarii i Francji. W Austrii opracowano i opatentowano systemy AQUAPOL i AQUASTOP. Na pierwszym z nich w Polsce oparto metodę WIGOPOL.<sup>5</sup> Modyfikacją AQUAPOLU są z kolei HYDROPOLAR i AQUANT.<sup>6</sup> Z kolei produktem szwajcarskim jest system RONDON WE, produkowany i stosowany od początku lat 80-tych, zaś w Polsce stosowany od początku lat 90-tych.<sup>7, 8</sup> We Francji działa system MUR-TRONIC, którym osuszono ponad 2500 budynków, w tym liczne obiekty zabytkowe. W Polsce system ten stosowany jest od 17 lat.<sup>9</sup>

### Metoda AQUAPOL

Zjawiska w wyniku, których dochodzi do blokowania wilgoci kapilarnej w murach firma AQUAPOL określiła jako magnetoosmozę i magnetoforezę, a następnie jako magnetokinezę. Podstawy tej teorii zawarte są w pracach fizyka Nicola Tesli,<sup>10</sup> które później

---

<sup>5</sup> Metoda Wigopol stosowana jest przez firmę Anakom z Krakowa.

<sup>6</sup> M. Wesołowska, *Elektrofizyczna metoda osuszania murów*, „Materiały Budowlane”, 1997, nr 6, s. 41-42; *ibid*, *Wpływ...*, *op.cit.*

<sup>7</sup> System Rondon i Mur-tronic są stosowane w Polsce przez firmę BTM dr. Ryszarda Jurkiewicza z Warszawy.

<sup>8</sup> Pierwsze urządzenie Rondon zostało zastosowane eksperymentalnie w Krakowie w aptece przy pl. Wolności, jesienią 1989 roku.

<sup>9</sup> Producentem urządzenia RONDON WE jest szwajcarska firma Coufal-elektronics francuskiego MUR-TRONIC - firma Geco.

<sup>10</sup> Tesla Nicola (1856-1943), wynalazca w dziedzinie elektryczności. Urodzony w Jugosławi, 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 nie znalazł zainteresowania swoim wynalazkiem, w związku, z czym wyemigrował do Stanów Zjednoczonych w 1884 roku 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 prąd zmienny zaczął być wykorzystywany na całym świecie. Warto tu wymienić liczne ciekawe realizacje Nicola 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 jego sława urosła, na przełomie wieków XIX i XX, na miarę porównywalną do sławy Edisona. Do licznych należą także wynalazki rozwinięte i opatentowane we własnym laboratorium na Manhattanie: urządzenia elektryczne oparte na wysokonapięciowych prądach wysokiej częstotliwości, czyli cewkę indukcyjną zwaną cewką Tesli, radio, oświetlenie, promieniowanie X i elektroterapię. Wynalazki z dziedziny wysokiej częstotliwości zostały zignorowane przez współczesną

rozwinął i opatentował w 1985 roku, austriacki inż. Wilhelm Mohorn.<sup>11</sup> Urządzenia metody AQUAPOL składają się z wiązki drutów miedzianych umieszczonych w różnych obudowach (fot. 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.



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

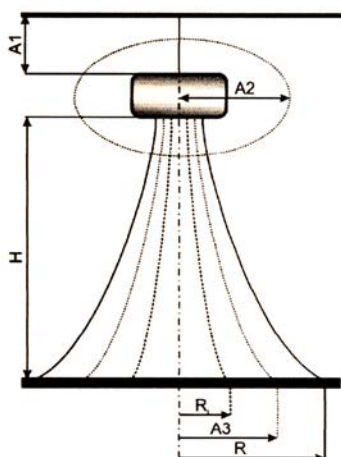
Rysunek 1 objaśnia, w jaki sposób działa przykładowe urządzenie AQUAPOL.<sup>12</sup>

---

technologię podobnie jak turbina talerzowa i odbiornik darmowej energii (dziś nazywanej odnawialną) – por. *Bezinwazyjny system osuszania murów AQUAPOL®*, Polska CPV, opracowanie reklamowo-informacyjne firmy AQUAPOL, s. 3.

<sup>11</sup> 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 Kaplana. Założył firmę AQUAPOL posiadającą 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 roku - ibidem.

<sup>12</sup> 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.



- H – wysokość od podłogi (190 cm),
- R – wyliczony promień strefy poboru energii (342 cm),
- R<sub>1</sub> – wyliczony promień strefy poboru wrażliwej na elementy zakłócającej (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),
- A4 – odległość obudowy od najbliższego urządzenia wytwarzającego pole elektromagnetyczne („E”) lub wysokiej częstotliwości („HF”).

Rys. 1. Schemat aktywnego urządzenia AQUAPOL (z: „Dokumentacja techniczna. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej, Skrzatusz”, maszynopis, s. 9)

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 przetwarzania.<sup>13</sup>

#### Metoda AQUASTOP

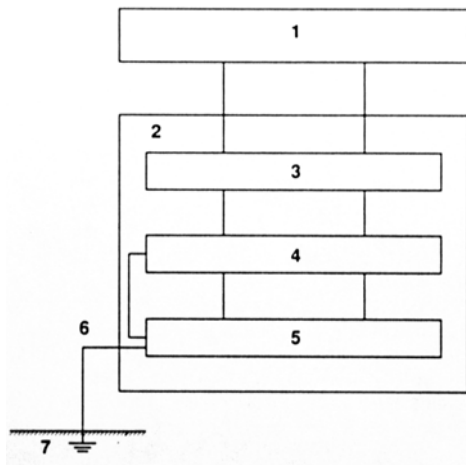
W 1992 roku austriacka firma AQUASTOP Kubalek-Kuhalek, z Wiednia udostępniła do badań Wydziałowi Budownictwa Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy jeden aparat osuszający typu A520.<sup>14</sup> W taki sposób W Polsce pojawiła się technologia elektrofizyczna opracowana przez drugą firmę austriacką. Aparaty wykorzystywane w tej metodzie zasilane są prądem zmiennym 220V, mają małą moc (max 20W) i niewielkie wymiary (fot. 2).

<sup>13</sup> Ibid., s. 8.

<sup>14</sup> Ulotka informacyjno-reklamowa firmy AQUASTOP, s.1.



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



Rys.2. Schemat blokowy metody AQUASTOP model 1001:

1 – zasilacz, 2 – urządzenie sterujące, 3 – oscylator, 4 – obwód rezonansowy, 5 – rezonator, 6 – ekranowy przewodnik, 7 – katoda zbiorcza (z: karty technicznej opracowanej przez firmę Wekami)

Na rysunku 2 przedstawiano schemat blokowy urządzenia. Element sterujący (2) zasilany jest z zasilacza (1) o napięciu stałym 36 Volt. Zasilacz składa się z transformatora i układu prostownika z kondensatorami filtrującymi. Napięcie stałe doprowadzone jest 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 rezonansem w sposób pulsacyjny tłumiony. Obwód rezonansowy

połączony jest w sposób elektrycznie przewodzący z katodą zbiorczą (7) za pomocą ekranowego przewodnika (6) poprzez prostownik germanowy.<sup>15</sup>

Aparaty montuje się w taki sposób, 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 rolę 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 lat.<sup>16</sup>

#### Metoda WIGOPOL®

Oryginalny system osuszania murów WIGOPOL, jest także austriackim wynalazkiem z czterema austriackimi patentami. Metoda najpierw została wprowadzona na rynek austriacki 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 stanowi 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. Przy pomocy 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. Urządzenia obniżały poziom kapilarnego zawilgocenia murów, ale nie gwarantowały stałej skuteczności działania systemu. Dlatego w drugim etapie opracowano aparaty nowej generacji, elektroniczne (fot. 3).

---

<sup>15</sup> [ba], *Systemy naprawcze*, „Renowacje”, 2000, nr 4, s. 124.

<sup>16</sup> W. Woźnicki, *Metody osuszania i izolacji*, „Renowacje i Zabytki”, 2003, nr 3, s. 112.





Fot. 3. Aparat elektroniczny nowej generacji stosowany w metodzie WIGOPOL® (fot. materiałów informacyjnych firmy WIGOPOL®)

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 w sposób ciągły na cząsteczki wody.

Miejsca montowania aparatów znane jest tylko technikom diagnozującym obiekt, chociaż generalnie w tej metodzie aparaty te spotyka się w górnym 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 jak 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 ok. 2 m. Neutralizacja pól elektromagnetycznych powoduje spadek tego napięcia do 100 mV już po upływie kilku godzin i zostaje powstrzymane podciąganie kapilarne wody. Metoda elektronicznego osuszania murów polega właśnie na wytworzeniu kontrapól elektromagnetycznych, które mają za zadanie wyeliminowanie różnicy potencjału występującego w systemie kapilarnym muru.<sup>17, 18, 19</sup> Dzięki rozwojowi nowoczesnej technologii został skonstruowany elektroniczny aparat emitujący impulsy elektromagnetyczne. Jego oddziaływanie na powstałe w zawilgoconym

---

<sup>17</sup> R. Jurkiewicz, Dokumentacja techniczna, firma BTM Jurkiewicz Badania, Technologie, Materiały.

<sup>18</sup> R. Jurkiewicz, *System Rondon WE – elektroniczne osuszanie murów*, „Materiały Budowlane”, 1997, nr 208, s. 40.

<sup>19</sup> R. Jurkiewicz, *System Rondon WE – elektroniczne osuszanie murów*, „Formaty”, 1998, nr 1, s. 74.

murze pole elektryczne ma prowadzić w efekcie do osuszenia murów i stworzenia blokady dla wilgoci kapilarnej.

Urządzenia stosowane w metodzie elektronicznej produkowane są w różnych typach, różnią się zasięgiem działania i częstością generowanych impulsów. Na rynku obecne są 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 efekt tego zjawiska, 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 on wynikiem podciągania kapilarnego. Ważną cechą wymienionych systemów jest możliwość montażu bez konieczności wykonywania jakichkolwiek prac budowlanych, co jest szczególnie istotne w przypadku obiektów zabytkowych, gdzie ingerencja w substancję zabytkową jest zawsze dyskusyjna. W przypadku rezygnacji z metody, 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 te metody polega na modyfikacji ładunków elektrycznych w kapilarach poprzez neutralizację siły wznoszącej molekule wody w górne partie muru. Zarówno napięcie powierzchniowe wody jak i kąt menisku w kapilarach ulegają modyfikacji. System rozwija kontrpole elektromagnetyczne i tak wytworzonym kontrpolem odwraca 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 zostają również zmodyfikowane. Cel ten osiąga się w praktyce poprzez zastosowanie obwodów elektronicznych o bardzo dużej czułości. W przypadku aparatu MUR-TRONIC (fot. 4). Energia niezbędna do zasilania tego rodzaju aparatu 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, która wymaga zastosowania znacznie więcej energii, aby wprowadzić wodę w ruch w kierunku dolnej partii muru.

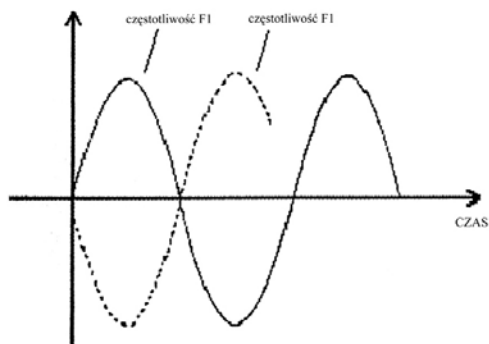


Fot. 4. Aparaty systemu elektronicznego typu MUR-TRONIC stosowane przez francuską firmę HECO (fot. materiałów informacyjno-reklamowych francuskiej firmy GECO)

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 przedstawiona jest częstotliwość F1).

Funkcja nadawcza urządzenia emituje kotrpole o częstotliwości odpowiadającej poprzednio wymienionym, ale zdefazowane o  $180^\circ$  F'1, F'2 i F'3 (na rysunku przedstawione jest F'1). To odwrócenie fazy daje w efekcie przeciwstawienie faz, a to z kolei powoduje neutralizację ładunków elektrycznych w murze.



Rys. 3. Przedstawienie graficzne funkcjonowania systemu elektronicznego MUR-TRONIC (z: R. Jurkiewicz, *Elektroniczny system osuszania murów mur-tronic*, GECO Assechement, maszynopis, s. 36).

Natomiast 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 wymagane jest zasilanie prądem elektrycznym. Długotrwałe działanie urządzenia w obiekcie stanowi blokadę przed kapilarnym wznoszeniem wilgoci w strukturze kapilarno-porowatej muru i pełni w ten sposób rolę izolacji poziomej.

Należy podkreślić, że bardzo trudno jest osuszyć w idealny sposób budynek zawilgocony. Każda metoda ma swoje strony dodatnie i ujemne. Nie mniej 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 zainteresowania konserwatora dzieł sztuki skoncentrowanego na ochronie malowideł ściennych wykonanych na podłożu murowanym. Badania miały 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 ingerencję konserwatorsko-restauratorskie w substancję malarską podczas pracy urządzenia ?

#### SCHARAKTERYZOWANIE 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 (fot. 5).



Fot. 5. Model imitujący malowidła ściennie w technice występującej w Polsce poddany kapilarnemu zawilgacaniu (fot. Solida Lim).

Badania terenowe przeprowadzono w murowanych obiektach architektonicznych, które spełniały konieczne do badań uwarunkowania:

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

Do badań zastosowano dwa aparaty wykorzystujące zjawiska elektrofizyczne:

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

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

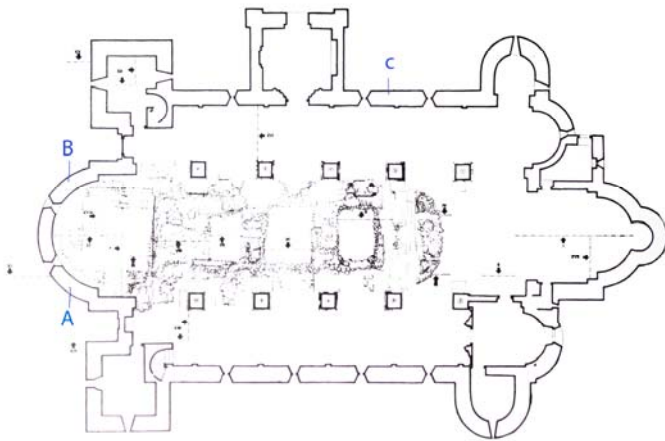
Do badań wytypowano następujące obiekty:

1. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą - XII wiek.
2. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu – koniec XVII wiek.
3. Kościół pw. Narodzenia NMP w Żernikach – XV wiek.
4. Krużganki odpustowe w Kcyni – XVIII wiek.

#### **Ad. 1. 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,

spękanych murów. Do zawilgocenia kościoła przyczynił się również poprowadzony wzdłuż ścian kanał odwadniający, który wprowadzał wody opadowe wprost do murów. W badaniach prowadzonych w Tumie wykorzystano zamontowany tam aparat firmy AQUAPOL. Wykonano cztery kontrolne pomiary wilgotności murów, w trzech punktach, na pięciu wysokościach od poziomu posadzki (rys. 4).



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

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**

40cm  
 11,91  
 12,78  
 X

60cm  
 13,03  
 12,98  
 14,68

80cm  
 13,56

13,60  
14,71

100cm  
14,30  
13,88  
X

120cm  
15,02  
14,60  
X

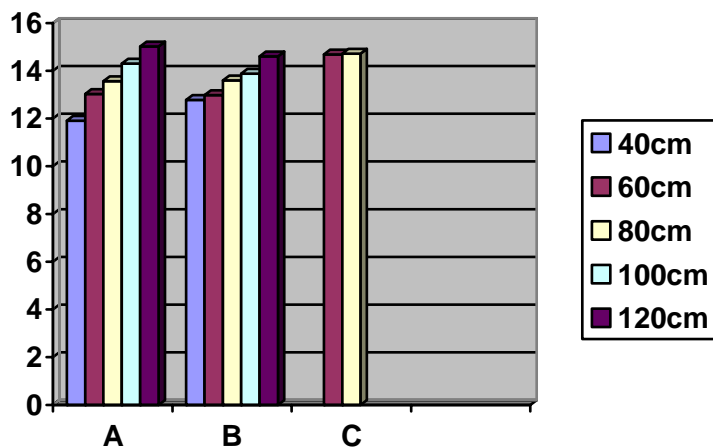
Temp. °C  
Wew. 21, Zew. 10

Wilg. %  
Wew. 54, Zew. 86

Pogoda  
Pochmurna

Dnia  
27.04.1994 r.

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



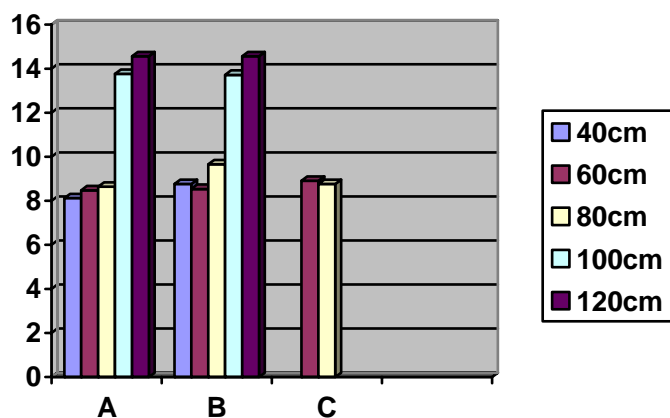
Rys. 5. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą - wykres do tabeli nr 1 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze kamiennym.

Tab. 2. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą - wyniki pomiarów w dniu 18. 08. 1995 r.

Wysokość pomiaru	Punkty pomiarów zawilgocenia w %
------------------	----------------------------------

od gruntu	A	B	C
40cm	8,12	8,76	X
60cm	8,48	8,54	8,91
80cm	8,64	9,66	8,76
100cm	13,76	13,72	X
120cm	14,56	14,56	X
Temp.	Wew. 23 Zew. 21		
Wilg.	Wew. 60 Zew. 61		
Pogoda	Bez chmurna		
Dnia	18.08.1995		

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



Rys. 6. Archikolegiata w Tumie pod Łęczycą - wykres do tabeli nr 2 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgotności bezwzględnej w murze kamiennym po 16 miesiącach pracy aparatu AQUAPOL.

Badania wykazały, że po 16 miesiącach po zainstalowaniu aparatu zawilgocenie murów zmniejszyło się. Największą wilgotność stwierdzono na wysokości 120 cm od posadzki, ponieważ istniała ciągła podaż wody inwazyjnej poprzez spękane mury kościoła i nieszczelności na styku dach – mur. Na uzyskane wyniki miały niewątpliwie wpływ inne źródła zawilgocenia.

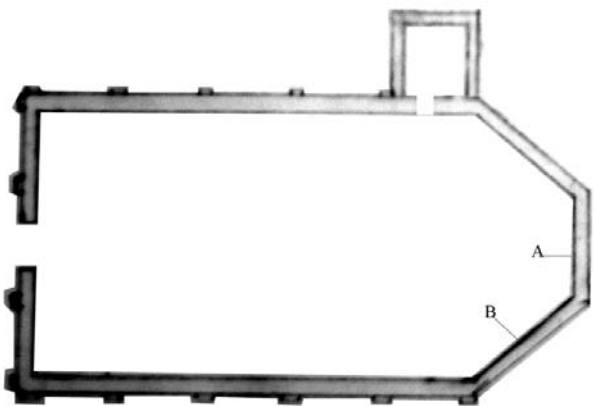
Wyniki pomiarów pokazują jednak, że nawet w tak trudnych warunkach jak obecność dodatkowych źródeł zawilgocenia aparat przyczynił się do zmniejszenia zawilgocenia murów poprzez blokowanie podciągania kapilarnego. Proces blokowania kapilarnego został przerwany w wyniku usunięcia aparatu przez użytkownika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



## Ad. 2. Sanktuarium w Skrzatuszu

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

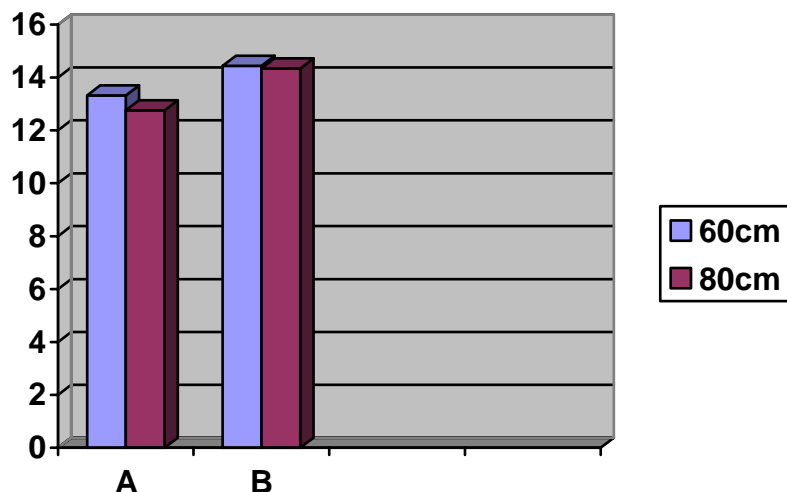
Pomiary kontrolne wilgotności murów przeprowadzono w latach 1996–1997, wykorzystując aparat zainstalowany przez firmę AQUAPOL. Badania przeprowadzono w dwóch punktach na wysokości 40 cm i 80 cm od posadzki, poniżej barokowych malowideł.



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

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

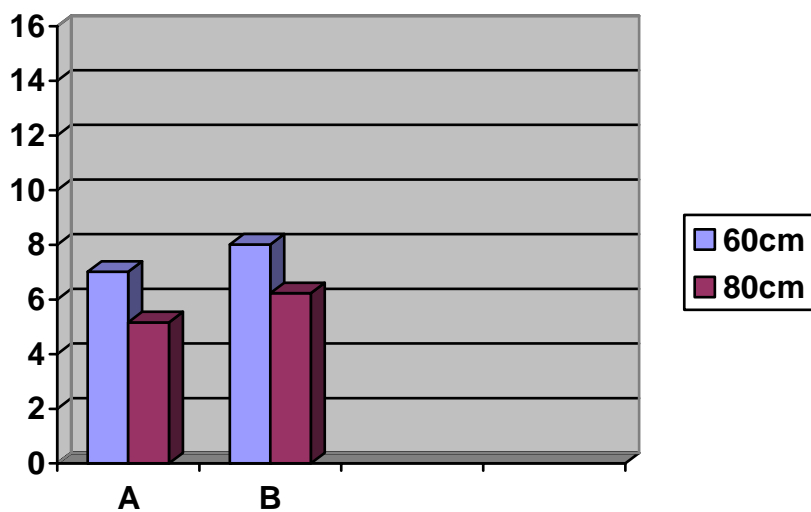
Wysokość pomiaru od posadzki	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
60cm	13,32	14,44
80cm	12,76	14,34
Temp. °C	Wew. 17,7, zew. 20,7	
Wilg. %	Wew. 59, zew. 60	
Pogoda	Słoneczna	
Dnia	30.05.1996 r.	



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

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
60cm	7,01	8,01
80cm	5,16	6,23
Temp. °C	Wew. 18,7, zew. 20	
Wilg. %	Wew. 57, zew. 59	
Pogoda	Słoneczna	
Dnia	12.08.1997	

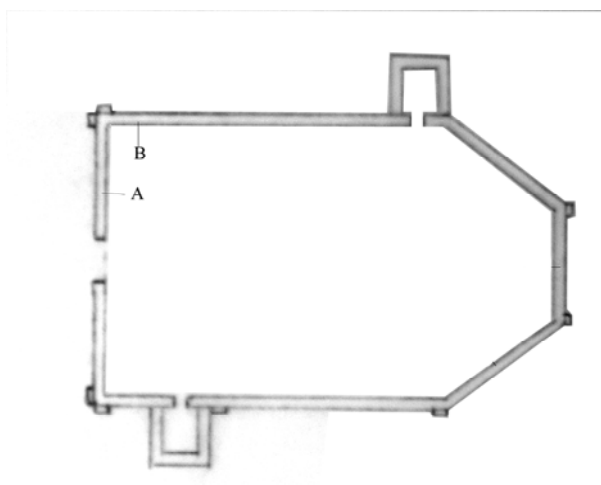


Rys. 9. Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu - wykres do tabeli nr 4 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglanym po 14 miesiącach pracy aparatu AQUAPOL.

Pierwsze pomiary wilgotności muru wykazały jego silne zawilgocenie o wartości 13%-14%. Kolejne pomiary kontrolne wykazały skuteczność 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 ukierunkowana została do gruntu, a niewielka jej część odparowywała powierzchnią muru, ponad posadzką kościoła. Nie kontynuowano dalszych badań, gdyż aparat został usunięty przez użytkownika.

### Ad. 3. Kościół w Żernikach

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

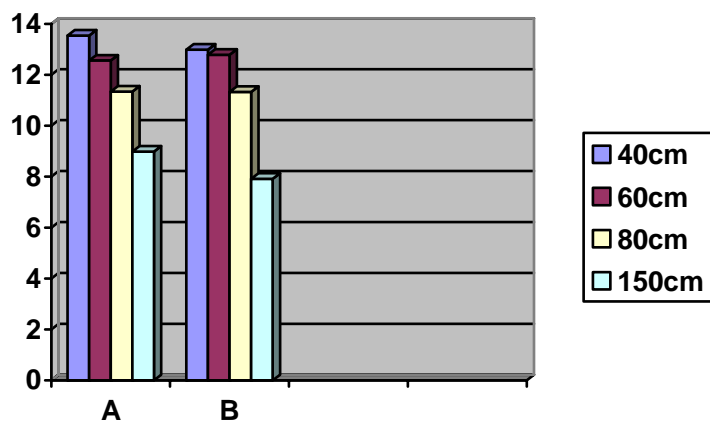


Rys. 10. Rzut kościoła pw. Narodzenia NMP w Żernikach z zaznaczeniem punktów pomiarowych (oprac. Solida Lim).

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

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

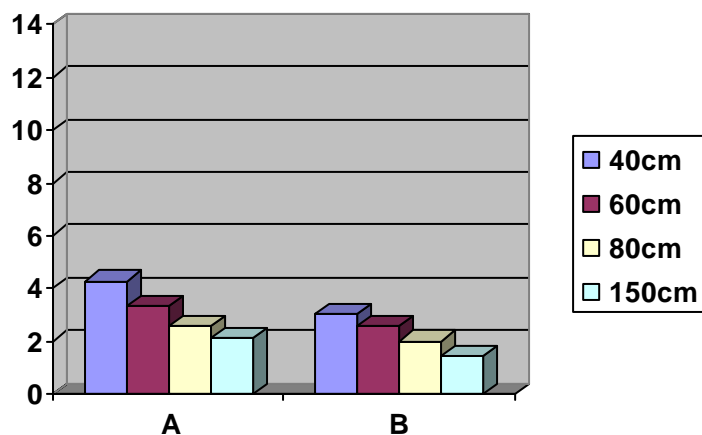
Wysokość pomiaru od posadzki	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
40cm	13,54	12,98
60cm	12,56	12,78
80cm	11,34	11,33
150cm	8,98	7,92
Temp. °C	Wew. 19,7, zew. 21,7	
Wilg. %	Wew. 59, zew. 61	
Pogoda	Słoneczna	
Dnia	14.05.1997	



Rys. 11. Kościół pw. Narodzenia NMP w Żernikach - wykres do tabeli nr 5 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglanym przed zamontowaniem aparatu AQUAPOL.

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
40cm	4,27	3,02
60cm	3,34	2,55
80cm	2,56	2,01
150cm	2,12	1,44
Temp. °C	Wew. 20, zew. 23	
Wilg. %	Wew. 72, zew. 72	
Pogoda	Po deszczu	
Dnia	28.06.1999	



Rys. 12. Kościół pw. Narodzenia NMP w Żernikach - wykres do tabeli nr 6 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglanym po 25 miesiącach pracy aparatu AQUAPOL.

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 uznałem za bardzo dobry.

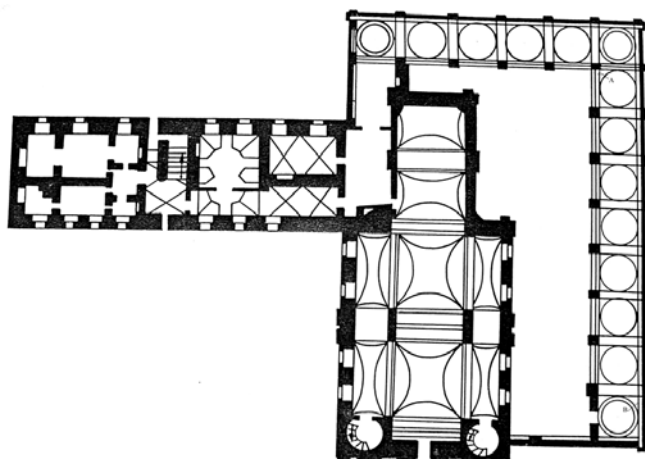
Aparat AQUAPOL po 2 latach pracy wytworzył blokadę przeciw kapilarną w murze. Wilgoć, która nie została ukierunkowana ponownie do gruntu, w sposób naturalny wyparowała z porów i kapilar muru materiału budowlanego. Można przypuszczać, że w trakcie osuszania muru pewna ilość rozpuszczonych w wodzie soli została „zepchnięta” do gruntu, dzięki czemu krystalizacja na powierzchni warstwy malarskiej była niewielka.

#### **Ad. 4. Kruźganki odpustowe w Kcyni**

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



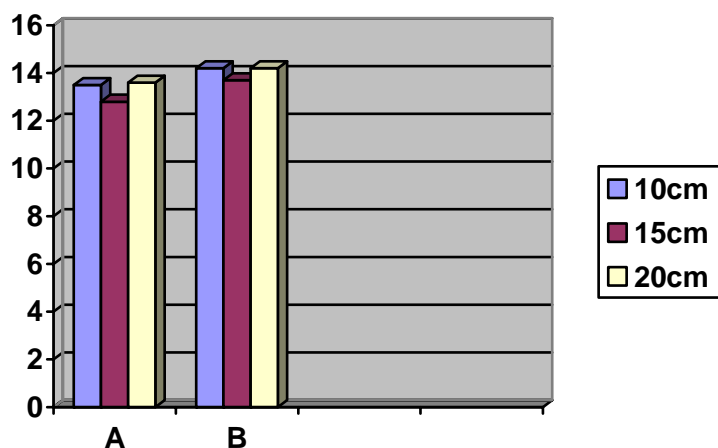
Fot. 6. Krużganki odpustowe przy kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni, Stacja XIV z widocznymi nawiertami pomiarowymi poniżej malowidła ściennego (fot. Solida Lim)



Rys. 13. Rzut klasztoru pokarmelitańskiego z krużgankami odpustowymi i kościołem pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni (z: Karty Inwentaryzacyjnej WUOZ w Bydgoszczy, oprac. mgr inż. H. Maciejewski)

Tab. 6. 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 05.06.2000 r.

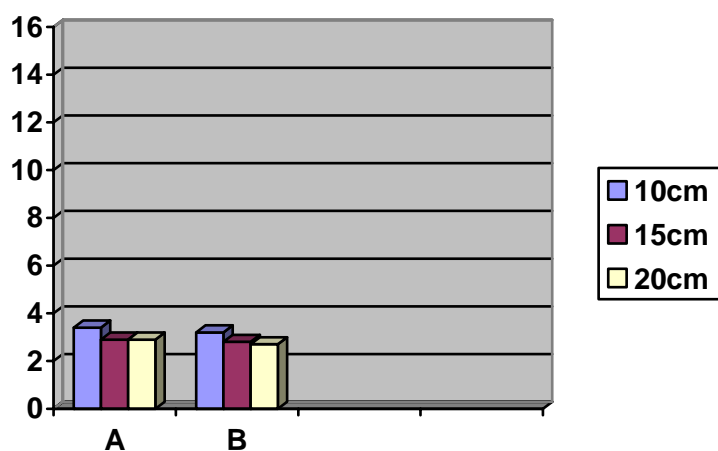
Wysokość pomiaru od posadzki 25 cm		
Głębokość pomiaru w murze	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
10cm	13,5	14,2
15cm	12,8	13,7
20cm	13,6	14,2
Temp. °C	Wew. 18 Zew. 17,7	
Wilg. %	Wew. 49, Zew. 50	
Pogoda	Słoneczna	
Dnia	05.06.2000 r	



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

Tab. 7. Kruźganki 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 muru	Punkty pomiarów zawilgocenia w %	
	A	B
10cm	3,4	3,2
15cm	2,9	2,8
20cm	2,9	2,7
Temp. °C	Wew. 24,2 zew. 25,7	
Wilg. %	Wew. 61, zew. 55	
Pogoda	Słoneczna	
Dnia	20.08.2002	



Rys. 15. Krużganki odpustowe przy kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni - wykres do tabeli nr 27 ilustrujący sposób rozmieszczenia wilgoci bezwzględnej w murze ceglany po 29 miesiącach pracy aparatu RNDOM WE 400-S.

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 8 miesiącach podciąganie kapilarne zostało zablokowane, a stopień zawilgocenia murów się obniżył. 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 2 latach i 5 miesiącach pracy wytworzył blokadę przeciw kapilarną w murze, którą trwale utrzymuje. Pozostała niewielka zawartość wilgoci w murach, która nie została ukierunkowana ponownie do gruntu, w sposób naturalny 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 kapilarnego 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 wykonania. 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 poprzez skuteczne blokowanie zawilgocenia kapilarnego 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 zastosowana w obiektach wykazujących zróżnicowane formy architektoniczne (mury pełne, krużganki 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 należałoby ustalić, czy na to zjawisko wpływa rodzaj aparatu, czy uwarunkowania fizyko-chemiczne 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.

##

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 mojej 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, bo z istoty tej metody wynika, że badania można prowadzić tylko *in situ*, w obiekcie związanym z ziemią. Dlatego wcześniejsze badania obciążone są błędem metodologicznym i nie można ich traktować jako 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 strony badania prowadzone na przestrzeni wielu lat pozwoliły, zwłaszcza w przypadku Kcyni, dobrze ocenić obiekt i procesy, które w nim zachodziły.

(Solida Lim – Badania nad ...)

*„Uwierzenie, że się definitywnie rozwiązało jakiś problem,  
oznacza kres życia i koniec historii”  
Benedetto Croce, filozof*

## SOLIDA LIM

### BADANIA NAD SKUTECZNOŚCIĄ METODY ELEKTROFIZYCZNEJ W ZWALCZANIU WILGOTNOŚCI KAPILARNEJ MALOWIDEŁ ŚCIENNYCH

W artykule 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. Badania przeprowadzone w zawilgoconych obiektach zabytkowych z wykorzystaniem aparatury prod. austriackiej AQUAPOL i prod. szwajcarskiej RONDON WE. Badania miały na celu ustalenie czy metoda elektrofizyczna jest skuteczna i czy można ją zastosować w różnych typach podłóży konstrukcyjnych malowideł ściennych. Uzyskane wyniki badań pozwoliły wywnioskować, że metoda elektrofizyczna może być wykorzystywana do blokowania podciągania kapilarnego wilgoci w murach pokrytych malowidłami ściennymi. Skutecznie blokuje tylko zawilgocenie spowodowane podciąganiem kapilarnym wody. Metoda pozwala przywrócić optymalne dla malowideł ściennych warunki wilgotnościowe w otoczeniu, redukuje zjawisko kondensacji pary wodnej wewnątrz obiektu i likwiduje całkowicie nieprzyjemny zapach stęchlizny w powietrzu. Metoda elektrofizyczna może być zastosowana w budowlach o zróżnicowanych formach architektonicznych wykonanych z różnych materiałów budowlanych. Metoda elektrofizyczna nie likwiduje całkowicie problemu krystalizacji soli na powierzchni warstwy malarskiej w trakcie osuszania murów, ale pozwala na prowadzenie prac konserwatorsko-restauratorskich w trakcie osuszania murów. Metoda elektrofizyczna spełnia wymogi konserwatorskie takie jak: nieinwazyjność, odwracalność, długotrwały efekt.

STUDIES ON EFFICIENCY OF ELECTROPHISICAL 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.

## SPIS TREŚCI

### CZEŚĆ BADAWCZA

<b>5. BADANIA MOŻLIWOŚCI BLOKOWANIA ZAWILGOCENIA</b>	
<b>KAPILARNEGO „METODĄ ELEKTROFIZYCZNĄ”</b> .....	229
<b>5. 1. Badania skuteczności działania metody elektrofizycznej</b>	
na modelach malowideł ściennych .....	229
<b>5. 1. 2. Przygotowanie modeli malowideł ściennych</b> .....	230
<b>5. 1. 3. Metodyka badań na modelach malowideł ściennych</b> .....	237
<b>5. 1. 4. Wyniki badań na modelach malowideł ściennych</b> .....	238
<b>5. 2. Badania skuteczności działania metody elektrofizycznej</b>	
w obiektach zabytkowych .....	239
<b>5. 2. 1. Charakterystyka obiektów zabytkowych wytypowanych do badań</b> .....	239
<b>5. 2. 2. Metodyka badań w obiektach zabytkowych</b> .....	247
<b>5. 2. 3. Wyniki badań w obiektach zabytkowych</b> .....	249
<b>5. 2. 3. 1. Badania w Archikolegiacie w Tumie pod Łęczycą</b> .....	249
<b>5. 2. 3. 2. Badania w Sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Skrzatuszu</b> .....	254
<b>5. 2. 3. 3. Badania w kościele pw. Narodzenia NMP w Żernikach</b> .....	259
<b>5. 2. 3. 4. Badania w krużgankach odpustowych przy kościele</b>	
pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni .....	268
<b>5. 3. Podsumowanie wyników badań</b> .....	287
<b>WNIOSKI</b> .....	288

BIBLIOGRAFIA .....	290
SPIS FOTOGRAFII .....	304
SPIS RYSUNKÓW .....	308
SPIS TABEL .....	317
ZAŁĄCZNIKI nr 1. Preparaty i sposoby iniekcji stosowane przez różne firmy .....	320
ZAŁĄCZNIK nr 2. Przykłady zastosowania metody elektrofizycznej do osuszania zawilgoconych murów .....	321
ZAŁĄCZNIK nr 3. Przykłady zastosowania różnych metod osuszania i zabezpieczania zawilgoconych murów .....	323