

Effect of testing and conditioning methods on the water vapor permeability of water-based coatings

Wpływ sposobu kondycjonowania i metodyki badań na przepuszczalność pary wodnej powłok wodorozcieńczalnych



DOI: 10.15199/62.2026.9.6

For 5 com. water-based facade paints based on silicone and acrylic resins, the water vapor transmission coeff. was detd. using different conditioning and testing methods. Conditioning was performed by leaving the coatings exposed to standard conditions for 28 days (A) or by subjecting them to 3 soaking and drying cycles (B). Testing was conducted using either the wet or dry cup method. Silicone resin-based coatings were less sensitive to the conditioning method. Higher water vapor transmission coeffs. were obtained for coatings conditioned using the A method and the wet cup method.

Keywords: water-vapour transmission rate, coatings conditioning, wet-cup, dry-cup

Przedstawiono wpływ sposobu kondycjonowania oraz metody oznaczania współczynnika przepuszczalności pary wodnej wodorozcieńczalnych farb elewacyjnych na bazie żywic silikonowych i akrylowych. Dla każdego wyrobu wykonano cztery serie pomiarowe różniące się między sobą zastosowanym wariantem kondycjonowania-metoda badania. Kondycjonowanie przeprowadzono, pozostawiając swobodnie powłoki w warunkach standardowych na 28 dni (metoda A) albo poddając je trzem cyklom moczenia i suszenia (metoda B). Badanie przeprowadzono metodą mokrego oraz suchego naczynka. Procedurę badawczą przeprowadzono zgodnie z metodyką opisaną w normie. Powłoki na bazie żywic silikonowych były mniej wrażliwe na sposób kondycjonowania. Wyższe wartości współczynników przenikania pary wodnej otrzymano dla powłok kondycjonowanych metodą A i badań wykonanych metodą mokrego naczynka, jednakże ta zależność nie może zostać bezpośrednio powiązana z rodzajem żywicy zastosowanej w wyrobie. Z drugiej strony przeprowadzenie badań przepuszczalności pary wodnej w różnych konfiguracjach pozwala uzyskać więcej informacji na temat zachowania powłoki w różnych warunkach wilgotności względnej.

Słowa kluczowe: przepuszczalność pary wodnej, kondycjonowanie powłok, mokre naczynko, suche naczynko

Farby elewacyjne stanowią grupę materiałów powłokowych przeznaczonych do ochrony i dekoracyjnego wykańczania zewnętrznych powierzchni budynków. Ich podstawową funkcją jest ograniczenie oddziaływania czynników atmosferycznych, takich jak opady, promieniowanie UV, zmienne temperatury oraz zanieczyszczenia środowiskowe, przy jednoczesnym zachowaniu estetycznego wyglądu

przez długi okres eksploatacji. Właściwości użytkowe farb elewacyjnych ocenia się na podstawie wielu parametrów, takich jak przyczepność do podłoża¹⁾, odporność na starzenie atmosferyczne²⁾, odporność na zabrudzenia^{3, 4)} i rozwój mikroorganizmów²⁾, zdolność mostkowania rys⁵⁾ oraz właściwości transportowe powłok względem wilgoci⁶⁻⁹⁾.

Dr inż. Małgorzata GNUS (ORCID: 0000-0002-1066-4412) w roku 2013 ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, uzyskując stopień magistra chemii ze specjalnością materiały i substancje specjalne. W 2023 r. uzyskała stopień doktora nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne na tym samym wydziale. Od 2020 r. pracuje na stanowisku specjalisty w Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytucie Materiałów Polimerowych. Specjalność – badania właściwości farb i lakierów w stanie ciekłym, ze szczególnym uwzględnieniem analizy lotnych związków organicznych metodą chromatografii gazowej.



Mgr inż. Grażyna KAMIŃSKA-BACH (ORCID: 0000-0001-8595-3190) w roku 1997 ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, uzyskując stopień magistra technologii chemicznej ze specjalnością technologia polimerów i tworzyw sztucznych. Pracuje na stanowisku głównego specjalisty w laboratorium badawczym wyrobów lakierowych Centrum Farb i Tworzy w Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytucie Materiałów Polimerowych w Gliwicach. Pełni także funkcję kierownika laboratorium badawczego wyrobów lakierowych, wspierając zespół swoją szeroką wiedzą i bogatym doświadczeniem. Specjalność – analizy metodą chromatografii gazowej, a także badania wyrobów lakierowych i tworzyw sztucznych metodą spektroskopii w podczerwieni.

* Adres do korespondencji:

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, ul. M. Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń, Centrum Farb i Tworzyw, ul. Chorzowska 50A, 44-100 Gliwice, tel.: (32) 231-90-41, e-mail: malgorzata.gnus@impib.lukasiewicz.gov.pl

Zdolność powłoki do transportu cząsteczek wody jest jednym z kluczowych kryteriów oceny przydatności farb stosowanych na podłożach mineralnych. Rozróżniane są tu 2 parametry: nasiąkliwość oraz przepuszczalność pary wodnej. Nasiąkliwość określa zdolność powłoki do pochłaniania i transportu wody w stanie ciekłym. Z kolei przepuszczalność pary wodnej określa zdolność powłoki do przepuszczania wilgoci w postaci pary wodnej z podłoża, z którym jest w bezpośrednim kontakcie, do otoczenia.

Za optymalne uznaje się powłoki, które cechują się niską nasiąkliwością, czyli skutecznie ograniczającą wnikanie wody opadowej w powłokę, a tym samym w podłoże, zmniejszając ryzyko zawilgocenia, rozwoju mikroorganizmów, powstawania wykwitów solnych oraz uszkodzeń spowodowanych przez obniżone temperatury. Jednocześnie powłoki stosowane na elewacjach powinny charakteryzować się wysoką przepuszczalnością pary wodnej, umożliwiającą odprowadzanie wilgoci z podłoża do otoczenia, ograniczając ryzyko kondensacji pary wodnej, pęcherzenia oraz przedwczesnej degradacji i odpajania powłoki. Z tego względu nowoczesne farby elewacyjne projektuje się tak, aby łączyły niską nasiąkliwość z wysoką przepuszczalnością pary wodnej, co stanowi jeden z kluczowych warunków trwałej ochrony elewacji.

Przepuszczalność pary wodnej farb i lakierów można oznaczyć metodami opisanymi w normach^{10–12}. Współczynnik przepuszczalności pary wodnej najczęściej wyznacza się metodą naczynkową, opisaną w normie¹², która polega na pomiarze szybkości transportu pary wodnej przez powłokę oddzielającą środowiska o różnej wilgotności względnej. W normie wskazane są 2 sposoby kondycjonowania powłok oraz 2 warianty wyznaczania współczynnika przenikania pary wodnej: metoda suchego naczynka, w której wewnątrz naczynka znajduje się środek suszący, oraz metoda mokrego naczynka, gdzie znajduje się nasycony wodny roztwór soli. Na podstawie zmian masy układu w czasie oblicza się współczynnik przenikania pary wodnej (I), równoważną grubość warstwy powietrza (s_d) oraz opór dyfuzyjny (μ). O ile w metodyce badawczej wyraźnie wskazany jest sposób kondycjonowania powłok przeznaczonych na elewacje, o tyle nie ma wskazówek, którą metodą należy przeprowadzić samo badanie. Wyniki otrzymane metodą suchego i mokrego naczynka, z uwagi na odmienne warunki wilgotnościowe podczas badania, mogą

różnić się między sobą, dlatego nie należy ich bezpośrednio porównywać¹³.

Mimo że normy^{10–12} nie definiują sposobu wyboru metody suchego lub mokrego naczynka, wyraźnie podkreślają, że wybór metody pomiaru powinien być jak najbardziej związany z rzeczywistymi warunkami użytkowania powłoki. W praktyce badawczej często wykonuje się obie konfiguracje, ponieważ powłoki polimerowe mogą wykazywać różną przepuszczalność pary wodnej przy wysokiej i niskiej wilgotności, pęcznienie przy wysokiej wilgotności względnej czy nieliniową zależność współczynnika dyfuzji od zawartości wody.

Celem badań było porównanie wpływu sposobu kondycjonowania oraz metodyki badania na wartość przepuszczalności pary wodnej wodorocieńczalnych wyrobów lakierowych. Jako przedmiot badań wybrano komercyjnie dostępne farby elewacyjne z uwagi na możliwość przeprowadzenia ich kondycjonowania zarówno metodą dla wyrobów stosowanych do wnętrz, jak i metodą dla wyrobów na elewacje.

Część doświadczalna

Materiały

W badaniach wykorzystano dostępne na polskim rynku komercyjne wyroby lakierowe do zastosowań zewnętrznych. Wyroby pochodziły od różnych producentów i różniły się m.in. rodzajem zastosowanego spoiwa. Wyroby opisane symbolami F1, F2, F4 zawierały spoiwo na bazie żywicy silikonowej, natomiast wyroby oznaczone symbolami F3 oraz F5 na bazie dyspersji akrylowej. Dodatkowo wyrób F3 zawierał w swoim składzie wypełnienie w postaci ceramicznych mikrosfer.

Stosowano folie polietylenowe stanowiące materiał pomocniczy do otrzymania swobodnych powłok, silikażel (lakem, pomarańczowy o granulacji 2–5 mm), diwodorofosforan(V) amonu (cz.d.a., Chempur; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) oraz воск do uszczelniania naczyń pomiarowych stanowiący mieszaninę wosku pszczelego oraz parafiny w stosunku masowym 3:2.

Metodyka badań

Nanoszenie wyrobów na podłoże polietylenowe wykonywano za pomocą ramkowego aplikatora szczelinowego ASC



Mgr inż. Kinga KRAWCZYK (ORCID: 0000-0001-8664-7398) w roku 2010 ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, uzyskując stopień magistra chemii ze specjalnością procesy biochemiczne. Od 2011 r. pracuje na stanowisku starszego specjalisty w Sieci Badawcza Łukasiewicz – Instytucie Materiałów Polimerowych. Specjalność – badania materiałów pod kątem ich odporności na korozję i procesy starzeniowe, pozwalające określić ich trwałość w trudnych warunkach środowiskowych; dopełnieniem jej wysokich kompetencji analitycznych jest doświadczenie w przeprowadzaniu precyzyjnych pomiarów z wykorzystaniem spektrofotometru w podczerwieni.



Dr inż. Maria OPUCHLIK (ORCID: 0000-0002-2504-5470) w roku 2017 ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, uzyskując stopień magistra technologii chemicznej ze specjalnością technologia polimerów i tworzyw sztucznych. W 2023 r. uzyskała stopień doktora nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne na tym samym wydziale. Od 2022 r. pracuje na stanowisku specjalisty w Sieci Badawcza Łukasiewicz – Instytucie Materiałów Polimerowych. W swojej codziennej pracy biegle posługuje się szeroką gamą norm niezbędnych do rzetelnej oceny jakości farb i lakierów. Dzięki bogatemu doświadczeniu i znajomości procedur sprawnie i rzetelnie przeprowadza wszystkie codzienne testy laboratoryjne. Specjalność – badanie wyrobów lakierowych, ze szczególnym uwzględnieniem precyzyjnej analizy ich właściwości w stanie ciekłym.

Table 1. Summary of average thicknesses of tested coatings for individual test variants
Tabela 1. Zestawienie średnich grubości badanych powłok dla poszczególnych wariantów badania

Wariant	Średnia grubość powłoki, μm				
	Powłoka 1	Powłoka 2	Powłoka 3	Powłoka 4	Powłoka 5
F1/A/mokre	131	130	125	144	145
F1/A/suche	135	134	133	148	145
F1/B/mokre	129	130	137	159	161
F1/B/suche	144	136	136	130	159
F2/A/mokre	126	125	126	125	123
F2/A/suche	125	122	125	124	127
F2/B/mokre	128	132	131	126	125
F2/B/suche	124	128	125	130	123
F3/A/mokre	151	157	155	-	-
F3/A/suche	155	157	153	154	149
F3/B/mokre	175	176	160	-	-
F3/B/suche	162	169	162	173	164
F4/A/mokre	131	129	117	119	117
F4/A/suche	127	130	121	120	129
F4/B/mokre	135	134	137	133	139
F4/B/suche	130	131	133	129	130
F5/A/mokre	76	77	79	77	76
F5/A/suche	78	75	80	77	77
F5/B/mokre	81	80	77	80	84
F5/B/suche	87	79	84	81	82

Wariant FX/Y/Z, gdzie FX – oznaczenie badanego wyrobu (F1–F5), Y – oznaczenie stosowanej metody kondycjonowania (A lub B), Z – oznaczenie metody badania (mokre lub suche naczynko)

umożliwiającego naniesienie mokrej powłoki o grubości 300 μm.

Grubość powłok przed rozpoczęciem badania zmierzono za pomocą grubościomierza SHWENK FM 1000T.

Badania przepuszczalności pary wodnej przeprowadzono z wykorzystaniem okrągłych aluminiowych naczynek z rowkiem wokół krawędzi, umożliwiającym uszczelnienie badanej próbki stopionym woskiem za pomocą metalowego szablonu zabezpieczającego powierzchnię uszczelnianej powłoki. Wewnętrzna średnica krawędzi naczynka, na której spoczywała próbka testowa odpowiadała średnicy badanej powłoki i wynosiła 8 cm. Naczynka posiadały pokrywki pozwalające na ich zamknięcie w trakcie procesu ważenia.

Zmiany masy naczynek pomiarowych w trakcie badania powłok wyznaczano za pomocą wagi analitycznej zapewniającej dokładność odczytu na poziomie 0,1 mg.



Lic. Paulina TWARDOCH (ORCID: 0009-0009-5559-5471) w roku 2024 ukończyła studia na Uniwersytecie WSB Merito (Filia w Chorzowie) na kierunku psychologia w biznesie, ze specjalnością HR Business Partner. Jest absolwentką Technikum Górnośląskiego Centrum Edukacyjnego im. Marii Skłodowskiej-Curie w Gliwicach o profilu technik analityk. Jest młodszym specjalistą Pionu Badawczego w Laboratorium Badawczym Wyrobów Lakierowych w Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytucie Materiałów Polimerowych w Centrum Farb i Tworzyw w Gliwicach. Specjalność – badania farb i lakierów, w tym badania odporności korozyjnej oraz odporności na starzenie pod wpływem promieniowania UV.

Warunki środowiskowe w trakcie kondycjonowania części powłok oraz podczas przeprowadzenia badania monitorowano za pomocą termo-higro-barometru COMET D4130.

Otrzymywanie powłok do badań

Wszystkie badane wyroby nanoszono na folie polietylenowe za pomocą tego samego aplikatora. Naniesione powłoki suszono przez 7 dni w warunkach standardowych, czyli temp. 23±2°C i wilgotności względnej 50±5%. Wysuszone powłoki zdejmowano z folii, wycinano z nich okręgi o średnicy 9 cm i kondycjonowano na 1 z 2 sposobów. Pierwszy, opisany w dalszej części jako metoda A, polegał na pozostawieniu swobodnych powłok w warunkach standardowych na 28 dni. Drugi, opisany jako metoda B, polegał na poddaniu powłok 2 cyklom składającym się z zanurzenia powłok w wodzie o temp. 23±2°C na 24 h, a następnie ich umieszczeniu w suszarce nagrzałej do 50±2°C, również na 24 h. Po zakończeniu cykli próbki pozostawiano na kolejne 24 h w suszarce. Na koniec próbki przechowywano przez 4 dni w warunkach standardowych. Po zakończeniu kondycjonowania zmierzono grubość każdej z otrzymanych powłok w 12 losowych miejscach.

Badanie przepuszczalności pary wodnej

Otrzymane powłoki umieszczano na aluminiowych naczynekach pomiarowych o średnicy roboczej 8 cm zawierających, zależnie od stosowanej metody pomiaru, silikażel (metoda suchego naczynka) lub nasycony roztwór NH₄H₂PO₄ (metoda mokrego naczynka). Do naczynek wprowadzano taką ilość silikażelu/nasyconego roztworu NH₄H₂PO₄, aby zapewnić 1 cm przestrzeni między wypełnieniem naczynka a badaną powłoką. Następnie powłoki uszczelniano do krawędzi naczynek za pomocą stopionego wosku. Przygotowane naczynka pomiarowe zakrywano pokrywkami i umieszczano na wadze analitycznej, uzyskując początkową/wyjściową masę naczynka. Po zważeniu naczynka odkrywano i pozostawiano w warunkach standardowych. Warunki w trakcie badania rejestrowano za pomocą termo-higro-barometru. Pomiar masy wykonywano cyklicznie, za każdym razem zakrywając naczynka pokrywkami.

Na podstawie wykresu obrazującego zmianę masy naczynka w zależności od czasu trwania pomiaru wyznaczano współczynnik kierunkowy krzywej, który zgodnie z metodyką opisaną w normie¹²⁾ posłużył do wyznaczenia współczynnika przenikania pary wodnej.

W ramach każdej serii pomiarowej wykonano po 5 równoległych powtórzeń. Zestawienie zastosowanych konfiguracji przeprowadzonych badań przedstawiono na rysunku.

Table 2. Summary of water-vapour transmission rate of tested coatings for individual test variants

Tabela 2. Zestawienie współczynników przepuszczalności pary wodnej badanych powłok dla poszczególnych wariantów badania

Wariant	Współczynnik przepuszczalności pary wodnej, kg/(m ² ·24 h)				
	Powłoka 1	Powłoka 2	Powłoka 3	Powłoka 4	Powłoka 5
F1/A/mokre	635	637	610	592	589
F1/A/suche	771	790	807	740	722
F1/B/mokre	532	521	525	497	483
F1/B/suche	678	684	685	737	663
F2/A/mokre	380	356	353	351	357
F2/A/suche	364	380	365	352	375
F2/B/mokre	339	316	316	341	332
F2/B/suche	349	332	349	338	352
F3/A/mokre	171	184	163	-	-
F3/A/suche	37	37	37	40	42
F3/B/mokre	61	71	104	-	-
F3/B/suche	35	34	37	33	39
F4/A/mokre	243	242	256	228	296
F4/A/suche	157	136	147	157	143
F4/B/mokre	224	218	198	203	227
F4/B/suche	173	179	170	177	182
F5/A/mokre	305	304	387	261	371
F5/A/suche	38	37	35	37	97
F5/B/mokre	80	86	81	98	83
F5/B/suche	6	6	7	7	5

Wariant FX/Y/Z, gdzie FX – oznaczenie badanego wyrobu (F1–F5), Y – oznaczenie stosowanej metody kondycjonowania (A lub B), Z – oznaczenie metody badania (mokre lub suche naczynko)

Wyniki badań

Pomiary grubości powłok przeznaczonych do badań przepuszczalności pary wodnej zostały wykonane po zakończeniu ich kondycjonowania, ale bezpośrednio przed ich zamocowaniem na naczynkach pomiarowych. Średnie

grubości poszczególnych powłok zostały zestawione w tabeli 1.

Wyniki pokazują, jak zróżnicowane grubości powłok można uzyskać dla różnych wyrobów pomimo zastosowania tego samego sposobu aplikacji. Wyroby na bazie żywic silikonowych (F1, F2 oraz F4) wykazywały zbliżoną grubość suchej powłoki i była ona niezależna od sposobu przeprowadzenia kondycjonowania powłok przed badaniem. Z kolei wyroby na bazie żywic akrylowych (F3 oraz F5) wykazywały wyraźne zróżnicowanie. Dla powłok kondycjonowanych poprzez cykliczne moczenie i suszenie (metoda B) uzyskano większe wartości grubości niż dla tych kondycjonowanych w warunkach standardowych (metoda A). Uzyskany rezultat pozwala przypuszczać, że w przypadku powłok akrylowych sposób kondycjonowania może wpłynąć na strukturę otrzymywanych powłok. Ponadto dla wyrobu F3 uzyskano największą grubość suchej powłoki, co wynikało m.in. z obecności w wyrobie ceramicznych mikrosfer.

Otrzymane powłoki przebadano pod kątem określenia ich właściwości transportowych względem pary wodnej. W tym celu każdy zestaw powłok po etapie kondycjonowania podzielono na 2 serie i równolegle przeprowadzono oznaczenie metodą mokrego oraz suchego naczynka. Ten sposób przeprowa-

dzenia badania pozwolił na niezależne określenie wpływu poszczególnych parametrów na uzyskane wyniki końcowe. W tabeli 2 zestawiono wartości otrzymanych współczynników przepuszczalności pary wodnej badanych powłok dla poszczególnych wariantów badania.

Na podstawie zebranych danych można zauważyć, że dla powłok F1, F2 oraz F5, niezależnie od zastosowanej metody badania, większe wartości współczynnika przenikania pary wodnej uzyskano dla powłok kondycjonowanych metodą A. Oznacza to, że przeprowadzenie kondycjonowania metodą B powodowało, że struktura powłok stawała się bardziej zbita, a tym samym wykazywała większą barierowość dla transportu pary wodnej. Dla wyrobu F3 oraz F4 uzyskano podobny rezultat jedynie dla badań wykonanych metodą mokrego naczynka. W przypadku badań wykonanych metodą suchego naczynka dla wyrobu F3 nie zaobserwowano znaczącej różnicy między wartościami otrzymanymi dla powłok kondycjonowanych metodą A oraz metodą B, co mogło być spowodowane obec-

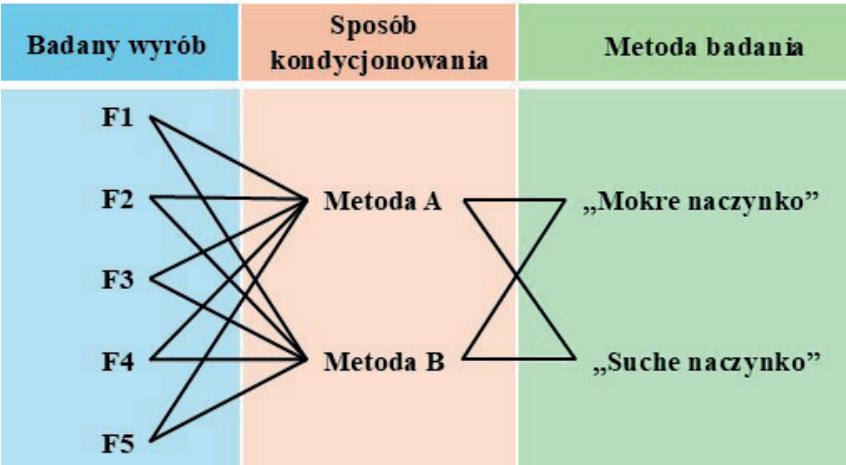


Figure. Schematic summary of the configurations used in the water-vapor transmission tests
Rysunek. Schematyczne zestawienie zastosowanych konfiguracji przeprowadzonych badań przepuszczalności pary wodnej

nością mikrosfer w badanym wyrobie. Z kolei dla wyrobu F4 badanego metodą suchego naczynka uzyskano odwrotny rezultat niż dla powłok F1, F2 i F5, gdzie kondycjonowanie powłok metodą B spowodowało rozluźnienie struktury polimerowej i poprawę właściwości transportowych powłoki.

Wyniki przedstawione dla powłok kondycjonowanych tą samą metodą wykazały, że dla wyrobów F3, F4 oraz F5 wyższe wartości współczynnika przenikania pary wodnej uzyskiwane były metodą mokrego naczynka, co oznacza, że powłoki pod wpływem podwyższonej wilgotności panującej w trakcie pomiaru ulegały uplastycznieniu. Odwrotna sytuacja występowała dla wyrobu F1, gdzie wysoka wilgotność wpływała niekorzystnie na właściwości transportowe powłoki, natomiast dla wyrobu F2 uzyskano zbliżone wartości współczynnika przepuszczalności pary wodnej dla obu badanych metod, co oznacza, że sposób kondycjonowania nie wpływał w znaczący sposób na strukturę otrzymanej powłoki.

Podsumowanie

W ramach prowadzonych badań wykorzystano 3 wyroby na bazie żywic silikonowych (F1, F2, F4) oraz 2 na bazie żywic akrylowych (F3, F5). Dla każdego z wyrobów wykonane zostały 4 warianty oznaczania współczynnika przenikania pary wodnej różniące się sposobem kondycjonowania lub metodą wykonania oznaczenia.

Oznaczone grubości wykazały, że powłoki na bazie żywic silikonowych, w przeciwieństwie do powłok na bazie żywic akrylowych, są mniej wrażliwe na sposób przeprowadzenia kondycjonowania.

Większe wartości współczynników przenikania pary wodnej otrzymano dla powłok kondycjonowanych metodą A, która w mniejszym stopniu niż metoda B wpływa na strukturę badanej powłoki. Podobnie sytuacja wygląda dla badań przeprowadzonych metodą mokrego naczynka, gdzie podwyższona wilgotność panująca w trakcie badania powoduje uplastycznienie powłoki i poprawę jej parametrów transportowych. Niestety zależności te nie są obserwowane w każdym przypadku i nie można ich bezpośrednio powiązać z rodzajem żywicy zastosowanej w wyrobie.

Przeprowadzenie badań przepuszczalności pary wodnej w różnych konfiguracjach pozwala natomiast uzyskać więcej informacji na temat właściwości wyrobu, jak chociażby zachowanie powłoki w różnych warunkach wilgotności względnej, co nie jest możliwe przy zastosowaniu jednego, wybranego wariantu pomiarowego.

Upowszechnienie wyników prac badawczo-rozwojowych zrealizowano w ramach projektu nr FEKP.01.01-IZ.00-0002/25 pn. „Utworzenie Kujawsko-Pomorskiego Centrum Naukowo Technologicznego im. Jana Czochońskiego: Regionalna Sieć Laboratoriów INNO-NET” współfinansowanego ze środków Programu Fundusze Europejskie dla Kujaw i Pomorza 2021–2027, Priorytet 1 Fundusze Europejskie na rzecz wzrostu innowacyjności i konkurencyjności regionu, Działanie 01.01 Wzmocnienie potencjału badawczego i innowacji – tryb niekonkurencyjny.

Otrzymano: 01-08-2026

Zrecenzowano: 10-08-2026

Zaakceptowano: 24-08-2026

Opublikowano: 17-09-2026

LITERATURA

- [1] R.H.R.Q. Melo, J.R. Falcão, J.D. Bersch, D.T. Baptista, A.B. Masuero, *Buildings* 2024, **14**, 1016.
- [2] J. Szulc, M. Komar, I. Kata, K. Szafran, B. Gutarowska, *Coatings* 2023, **13**, 2026.
- [3] S.C. Brown, M. Diebold, D. Kraitier, C. Velez, P. Jernakoff, *Coat. Tech.* 2020, **17**, 6.
- [4] H. Hao, Y. Mu, G. Zhen, P. Yuan, *Mater. Today Commun.* 2023, **35**, 105897.
- [5] K. Ragunathan, P. Thakkar, *CoatingsTech Commun.* 2018, **15**, 2.
- [6] H.M. Künnel, *Simultaneous heat and moisture transport in building components*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1995.
- [7] M. Karoglou, A. Moropoulou, A. Bakolas, A. Karaoulis, *Prog. Org. Coat.* 2015, **85**, 132.
- [8] L. De Ferri, L. Lazzarini, P. Munafò, S. Vincenzi, *Prog. Org. Coat.* 2011, **72**, nr 1–2, 146.
- [9] K.L. Uemoto, V. Agopyan, F. Vittorino, *Mater. Struct.* 2001, **34**, nr 3, 172.
- [10] ASTM E96/E96M-24, *Standard test methods for gravimetric determination of water vapor transmission rate of materials*.
- [11] ASTM D1653-13(2021), *Standard test methods for water vapor transmission of organic coating films*.
- [12] PN-EN ISO 7783:2018-11, *Farby i lakiery. Oznaczanie właściwości przenikania pary wodnej. Metoda z zastosowaniem naczynka*.
- [13] Y. Zou, E. Moss, L. Brochard, P. Coussot, *InterPore J.* 2024, **1**, nr 2, ipj240824-4.