

OPINIA

Katedra Konserwacji-Restauracji Architektury i Rzeźby przedstawia swoją opinię popartą badaniami konserwatorskimi produktów firmy PSCoat aplikowanych w dwóch systemach pod kątem nanoszenia na zaprawy tynkarskie w obiektach zabytkowych.

Ocena dotyczy dwóch układów:

- System wewnętrzny w postaci: gruntu PSC-250T-Basic B i farby PSC 250T-ECO+ (w kolorze białym),
- System zewnętrzny w postaci: gruntu PSC-50T-Basic B, powłoki PSC-250T-Build, farby PSC 250T-ECO + (w kolorze białym) oraz PSC-250T nanoshield.

Oba systemy zaaplikowano na podłoże w postaci zaprawy mineralnej na spoiwie hydraulicznym przeznaczonej do uzupełniania ubytków w cegle, kamieniu lub detalu sztukatorskim, a następnie przeprowadzono badania w warunkach standardowych (temperatura: 20 ± 3 °C, wilgotność: 60 ± 5 %).

- pH i przewodnictwa elektrolitycznego roztworów,
- Odporności na promieniowanie słoneczne (badanie w przyspieszonych warunkach starzeniowych),
- Zdolności do migracji i krystalizacji soli,
- Mrozoodporności,
- Podatności materiału na wzrost mikroorganizmów

i określono wpływ podłoża z podanymi systemami na ich właściwości fizyko-mechaniczne i mikrobiologiczne. W wyniku przeprowadzonych badań specjalistycznych można sformułować następujące wnioski:

1. Oba systemy mogą być aplikowane na porowate, chłonne podłoża mineralne wykonane z zapraw renowacyjnych, np. stosowanych do uzupełnienia ubytków w cegle, kamieniu lub detalu sztukatorskim. Systemy te charakteryzują się wysokim pH wynoszącym ≥ 10 co może dodatkowo ograniczać ich zastosowanie – istnieje ryzyko alkalizacji podłoża (wzrostu pH).



2. Podłoże przed aplikacją musi być pozbawione zabrudzeń, odpylone w celu zapewnienia odpowiedniej adhezji.
3. Systemy spełniają normy mrozoodporności i/lub ograniczonej migracji i krystalizacji soli transportowanych przez wodę. Wynika to z małej absorpcji kapilarnej i przepuszczalności wody. Farba PSC 250T ECO+ cechuje się wartością absorpcji kapilarnej i przepuszczalności wody $\leq 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{-0,5}$.
4. Aplikacja opiniowanych produktów może odbywać się wyłącznie na obiekcie z prawidłowo wykonaną izolacją przeciwwilgociową oraz takim, w którym nie ma dużego zasolenia. Wymagana jest również staranność w aplikacji poszczególnych warstw technologicznych. Niespełnienie powyższych kryterium spowoduje zniszczenie obiektu od wewnątrz oraz eksfoliację systemów od podłoża.
5. Systemy nie przyczyniają się do kumulacji wilgoci, wartość współczynnika przenikania pary wodnej oszacowana dla farby PSC 250T ECO+ wynosi powyżej $150 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$.
6. Systemy wykazują dużą stabilność na procesy starzeniowe w warunkach symulacji naświetlania światłem słonecznym. Są one niedostrzegalne okiem nieuzbrojonym dla obserwatora.
7. Warstwa technologiczna wytworzona na bazie PSC-250T nanoshield hydrofobizuje powierzchnię, na którą została zaaplikowana. W wyniku przeprowadzonego badania w przyspieszonych warunkach starzeniowych obserwuje się nieznaczne zwiększenie hydrofobowości, najprawdopodobniej w wyniku przemian wtórnych zachodzących w powłoce utworzonej z PSC-250T nanoshield. Brak dostępnych danych uniemożliwia stwierdzenie w jakiej perspektywie czasowej oraz w wyniku jakich czynników następuje utrata charakteru hydrofobowego powierzchni. Wymaga to dalszych badań.
8. Badania mikrobiologiczne przeprowadzone pod kątem odporności na zakażenie drobnoustrojami nie wykazały znaczących zmian powierzchni pokrytych tymi produktami. Nie stwierdzono, w obu przypadkach aby zalecane produkty przyczyniały się do przyspieszenia wzrostu glonów oraz grzybów. Przeciwnie biorąc pod uwagę wartość pH analizowanych systemów mogą one ograniczać ich wzrost na elewacji.



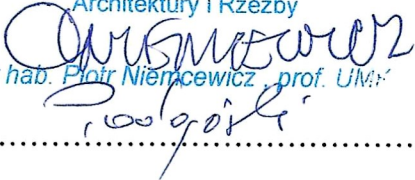
9. Nie oceniano efektów estetycznych po nałożeniu tych systemów – wymagają one odrębnej oceny w kontekście konkretnego obiektu zabytkowego i wytycznych oraz zaleceń urzędu konserwatorskiego.

ZALECENIA

Właściwości analizowanych systemów są pozytywne w kontekście ich zastosowania na obiektach zabytkowych, jednakże zalecane jest przeprowadzenie dalszych badań (np. w zmiennych warunkach klimatycznych temperatura i wilgotność) i obserwacji *in situ*, ocenianych w dłuższej perspektywie czasowej.

W przypadku stosowania powyższych systemów w obiektach zabytkowych konieczne jest pigmentowanie produktów (badane są w kolorze białym), które może zmienić właściwości fizykomechaniczne i/lub mikrobiologiczne analizowanych systemów. Zatem wymagane były dodatkowe badania obu pigmentowanych systemów.

Powyższe informacje, zawarte w opinii, bazują na wykonanych badaniach (numer umowy: UM2.2023.00015), opracowanej metodyce w Katedrze Konserwacji-Restauracji Architektury i Rzeźby, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika oraz badaniach w Laboratorium Chemii Budowlanej EFEKT Sp. z o.o. (numer zlecenia: 5/22/2/23). Nie uwzględniają one wymogów konkretnego przypadku zastosowania, a także specyficznych warunków aplikacji i/lub eksploatacji analizowanych systemów.

Kierownik
Katedry Konserwacji-Restauracji
Architektury i Rzeźby

dr hab. Piotr Niemcewicz, prof. UM



ZLECAJĄCY:
Nazwa i adres

River Power, s.r.o.
Hlubinská 1378/36, 702 00 Ostrava

nr umowy:

UM2.2023.00015

Rodzaj próbki/objektu badań (oznaczenie, nazwa, typ):

1. PSCoat system wewnętrzny: grunt PSC-250T-Basic B, farba PSC 250T-ECO+,
2. PSCoat system zewnętrzny: grunt PSC-50T-Basic B, powłoka PSC-250T-Build, farba PSC 250T-ECO+, PSC-250T nanoshield

Sposób przygotowania próbek:

Systemy do badań przygotowano zgodnie z opisem producenta. Poszczególne masy przed użyciem wymieszano mieszadłem wolnoobrotowym do uzyskania jednolitej konsystencji.

Metoda aplikacji – pędzel. Ilość warstw: 2

Rodzaj podłoża – zaprawa mineralna na spoiwie hydraulicznym przeznaczona do uzupełniania ubytków

Czas sezonowania podłoża – co najmniej 30 dni (1mm/1dzień), temperatura: 20 ± 3 °C, wilgotność: 60 ± 5 %



Badanie w przyspieszonych warunkach starzeniowych¹

Metoda badania	Parametry badania	Rodzaj badanego układu	Parametry barwy w przestrzeni CIELab (D65)			Różnica barwy ΔE^*ab (D65)
			dL*	da*	db*	
Wyznaczenie różnicy barwy (ΔE) między próbką badaną a próbką odniesienia (nienaświetlaną) – pomiar w przestrzeni barw CIE $L^*a^*b^*$. PN-EN ISO 4892-2:2013, PN-ISO 7724-3:2003. Wyznaczenie statycznego kąta zwilżania powierzchni wodą	Parametry naświetlania: • Naświetlanie w fazie suchej, • Natężenie promieniowania przy 340 nm: $0,51 \pm 0,02$ W/m², • Temperatura czarnego standardu (BST) 63 ± 3 °C, • Czas ekspozycji 500 h. Parametry badania zwilżalności powłok • Metoda osadzonej kropli, • Ciecz pomiarowa - woda destylowana (pH 6,78, przewodnictwo 1,12 μS), • Ilość kropli – po 5 kropli cieczy pomiarowej na każdej analizowanej próbce, • Objętość kropli - 5 μl (dozowanie za pomocą mikrostrzykawki). Warunki laboratoryjne: • Temperatura: 20 ± 3 °C, • Wilgotność: 60 ± 5 %.	System wewnętrzny (wzorzec)	96,60	-0,20	2,33	-
		System wewnętrzny (poddany naświetlaniu)	96,79	-0,25	2,42	0,21 0 < ΔE < 1 różnica barwy nie dostrzegalna dla obserwatora
		System zewnętrzny (wzorzec)	96,30	-0,25	2,63	-
		System zewnętrzny (poddany naświetlaniu)	97,19	-0,22	2,40	0,92 0 < ΔE < 1 różnica barwy nie dostrzegalna dla obserwatora
			Wartość kąta zwilżania (α) [°]			Hydrofobowość systemu
		System wewnętrzny (wzorzec)	-2			Ograniczona
		System wewnętrzny (poddany naświetlaniu)				
		System zewnętrzny (wzorzec) ³	129,1 $\pm$ 2,4			$\alpha > 90^\circ$ Duża
		System zewnętrzny (poddany naświetlaniu)	138,0 $\pm$ 2,5			$\alpha > 90^\circ$ Duża

¹ Szczegółowe wyniki badań zostały zamieszczone w załączniku 1.

² Dla próbek systemu wewnętrznego przed, jak i po naświetlaniu, nie udało się wyznaczyć kąta zwilżania – kropla penetrowała analizowany system.

³ Nierówna i chropowata powierzchnia ograniczyła pomiar do dwóch płaszczyzn.



Badanie zdolności do migracji i krystalizacji soli ⁴				
Metoda badania	Parametry badania	Rodzaj badanego układu	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Zmiana wytrzymałości na ściskanie [%]
Wyznaczenie procentowej zmiany wytrzymałości na ściskanie między próbką badaną a próbką odniesienia (nie poddana badaniu zdolności do migracji i krystalizacji soli). Modyfikacja PN-EN 12370:2020-08 oraz kryterium zmiany wytrzymałości na ściskanie zgodnie z PN-EN 12371:2010	- Etap nasycania: 8 h, 10 % roztwór siarczanu (VI) sodu, temperatura: 20 ± 1 °C, - Etap krystalizacji: 16 h, temperatura: 60 ± 1 °C, - Długość cyklu: 24 h, - Ilość cykli nasycania i krystalizacji: 20. Przy pomiarach wytrzymałości na ściskanie zastosowano następujące kryteria: - Próbka zgniatana była w jednym cyklu ze stałym przyrostem siły wynoszącym 1 [kN/s], - Za koniec pomiaru przyjęto spadek przyłożonej siły ściskającej o 20 [%].	System wewnętrzny (wzorzec)	$6,0 \pm 0,2$	-
		System wewnętrzny (poddany cyklicznemu nasycaniu i krystalizacji)	$5,7 \pm 0,2$	-5,0 Ograniczona migracja i krystalizacja soli
		System zewnętrzny (wzorzec)	$6,2 \pm 0,3$	-
		System zewnętrzny (poddany cyklicznemu nasycaniu i krystalizacji)	$6,0 \pm 0,2$	-3,2 Ograniczona migracja i krystalizacja soli

⁴ Szczegółowe wyniki badań zostały zamieszczone w załączniku 2.



Mrozoodporność ⁵				
Metoda badania	Parametry badania	Rodzaj badanego układu	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Zmiana wytrzymałości na ściskanie [%]
Wyznaczenie procentowej zmiany wytrzymałości na ściskanie między próbką badaną a próbką odniesienia (nie poddana badaniu mrozoodporności). Modyfikacja PN-EN 12371:2010.	• Etap zamrażania: 16 h, temperatura: $-20 \pm 0,1$ °C • Etap rozmrażania: 8 h, temperatura: 20 ± 1 °C, • Długość cyklu: 24 h, • Ilość cykli zamrażania i rozmrażania: 20. Przy pomiarach wytrzymałości na ściskanie zastosowano następujące kryteria: • Próbkę zginiatana była w jednym cyklu ze stałym przyrostem siły wynoszącym 1 [kN/s], • Za koniec pomiaru przyjęto spadek przyłożonej siły ściskającej o 20 [%].	System zewnętrzny (wzorzec)	$6,2 \pm 0,3$	-
		System zewnętrzny (poddany cyklicznemu zamrażaniu i rozmrażaniu)	$6,0 \pm 0,1$	-3,2 Spełnia normy mrozoodporności

⁵ Szczegółowe wyniki badań zostały zamieszczone w załączniku 3.



pH i przewodnictwo elektrolityczne ⁶				
Metoda badania	Parametry badania	Rodzaj badanego układu	Wyniki oznaczeń ⁷	
			pH	Przewodnictwo [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
Pomiar wodnej zawiesiny uzyskanej z systemu pobranego z podłoża. PN-EN ISO 19396-1:2020-08 oraz norma wewnętrzna na podstawie: W. Domasłowski (red.) "Zabytki kamienne i metalowe, ich niszczenie i konserwacja profilaktyczna", Toruń 2011, s.227-229.	Warunki laboratoryjne: • Temperatura: 20 ± 3 °C, • Wilgotność: 60 ± 5 %.	Woda destylowana	6,9 $\pm$ 0,1	15 $\pm$ 3
		Zaprawa (wzorzec)	9,9 $\pm$ 0,1	195 $\pm$ 14
		System wewnętrzny (sezonowanie + 1 dzień)	10,0 $\pm$ 0,1	418 $\pm$ 8
		System zewnętrzny (sezonowanie + 1 dzień)	10,0 $\pm$ 0,1	435 $\pm$ 9
		Woda destylowana	6,8 $\pm$ 0,1	18 $\pm$ 3
		Zaprawa (wzorzec)	9,9 $\pm$ 0,1	204 $\pm$ 14
		System wewnętrzny (sezonowanie + 7 dni)	10,1 $\pm$ 0,1	422 $\pm$ 3
		System zewnętrzny (sezonowanie + 7 dni)	10,1 $\pm$ 0,1	440 $\pm$ 2
		Woda destylowana	6,8 $\pm$ 0,1	16 $\pm$ 2
		Zaprawa (wzorzec)	9,9 $\pm$ 0,1	193 $\pm$ 15
		System wewnętrzny (sezonowanie + 14 dni)	10,0 $\pm$ 0,1	411 $\pm$ 7
		System zewnętrzny (sezonowanie + 14 dni)	10,0 $\pm$ 0,1	428 $\pm$ 3
		Woda destylowana	6,8 $\pm$ 0,1	16 $\pm$ 1
		Zaprawa (wzorzec)	9,9 $\pm$ 0,2	200 $\pm$ 12
		System wewnętrzny (sezonowanie + 21 dni)	10,2 $\pm$ 0,1	423 $\pm$ 5
		System zewnętrzny (sezonowanie + 21 dni)	10,1 $\pm$ 0,1	442 $\pm$ 3

⁶ Szczegółowe wyniki badań zostały zamieszczone w załączniku 4.

⁷ Nie odnotowano istotnych zmian analizowanych parametrów, co może sugerować stabilność badanych systemów oraz brak oddziaływania na podłoże, na które zostały one zaaplikowane. Zmiana warunków eksperymentalnych (m.in. temperatura, wilgotność, czas trwania eksperymentu) może mieć znaczący wpływ na rzeczywiste zmiany zachodzące w badanych systemach.

Podatność materiału na atak mikroorganizmów ⁸				
Metoda badania	Parametry badania	Rodzaj badanego układu	Wyniki oznaczeń	
			<i>Cladosporium sp.</i>	<i>Klebsormidium flaccidum</i>
Analiza porównawcza (metoda względna) stopnia wzrostu zaszczerpionych mikroorganizmów na badanych materiałach (próbka kontrolna oraz próbki z zaaplikowanymi systemami).	Grzyb strzępkowy <i>Cladosporium sp.</i> (nr 44 z kolekcji Katedry Konserwacji-Restauracji Papieru i Skóry, UMK Toruń). Zielenica jednokomórkowa <i>Klebsormidium flaccidum</i> z kolekcji Culture Collection of Algae and Protozoa (CCAP; https://www.ccap.ac.uk/). Próbka podzielona na trzy obszary: • Część przeznaczona do zakażenia <i>Cladosporium sp.</i>, • Część przeznaczona do zaszczerpienia <i>Klebsormidium flaccidum</i> • Środkowa partia próbki bez zaszczerpienia. Zawiesina komórek grzyba i zielenicy w stężeniu 10⁶/ml. Zaszczerpienie próbek – metoda pędzlowania jałowym pędzlem zanurzonym w zawieszynie. Warunki inkubacji: • Inkubacja w szklanym eksykatorze, wypełnionym wodą, o wilgotności względnej powietrza bliskiej 100%, • Warunki oświetleniowe: światło białe o natężeniu ok. 1000 lx, • Cykl naświetlania: 16 h, • Cykl fazy ciemnej: 8 h, • Czas inkubacji – 1 miesiąc.	Zaprawa (wzorzec)	Brak wzrostu	Brak wzrostu
		System wewnętrzny	Brak wzrostu	Brak wzrostu
		System zewnętrzny	Brak wzrostu	Brak wzrostu

⁸ Szczegółowe wyniki badań zostały zamieszczone w załączniku 5.



UNIwersYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU
Wydział Sztuk Pięknych

Toruń 18.12.2023

Osoby odpowiedzialne za badania :

Joanna Karbowska-Berent
Chylińska Marta
Grupa Srepcach.
Piedgosi

Osoba odpowiedzialna za raport :

Piedgosi

Osoba zatwierdzająca badania i raport :

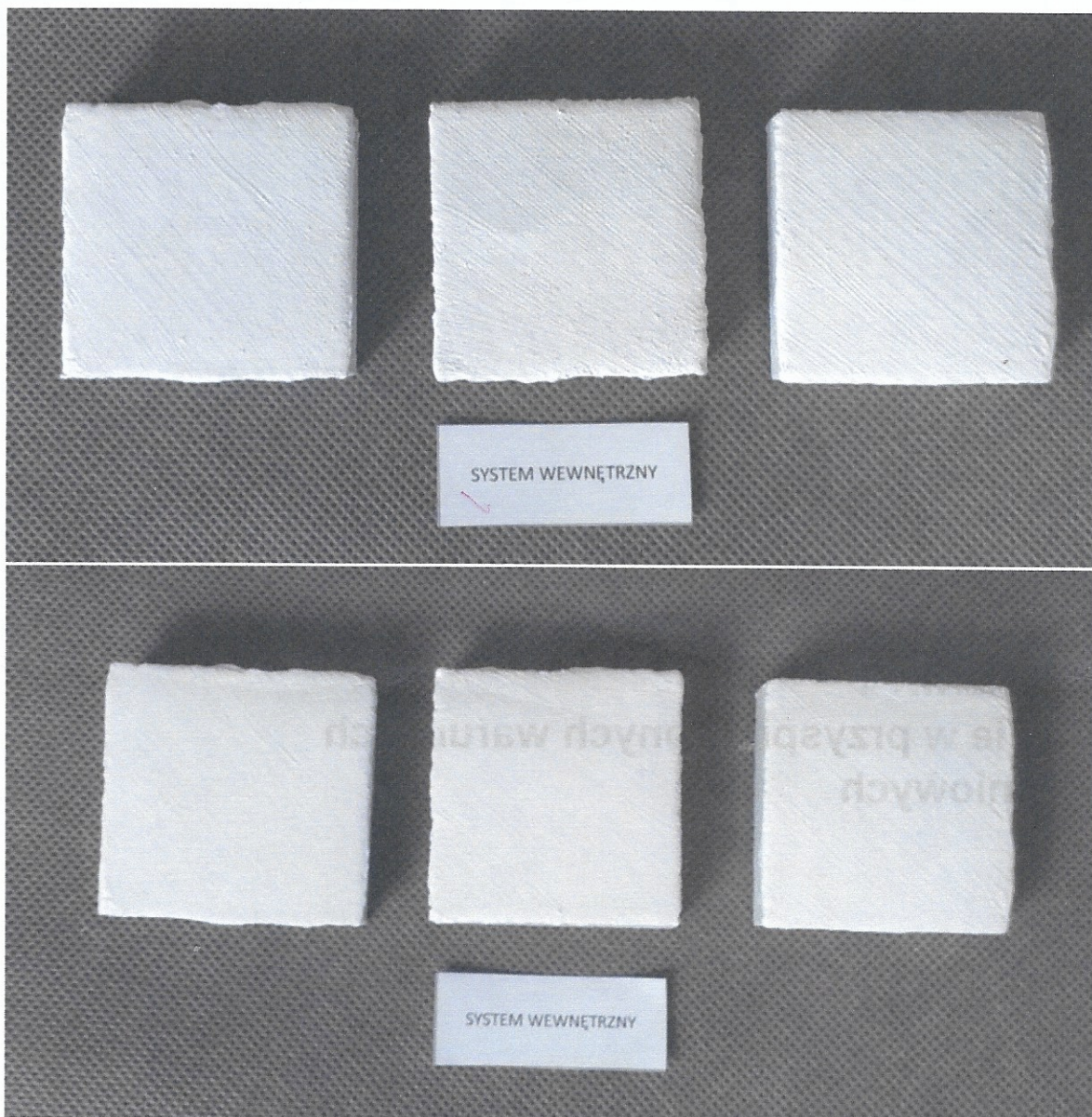
Kierownik
Katedry Konserwacji-Restauracji
Architektury i Rzeźby

dr hab. Piotr Niemcewicz, prof. U.

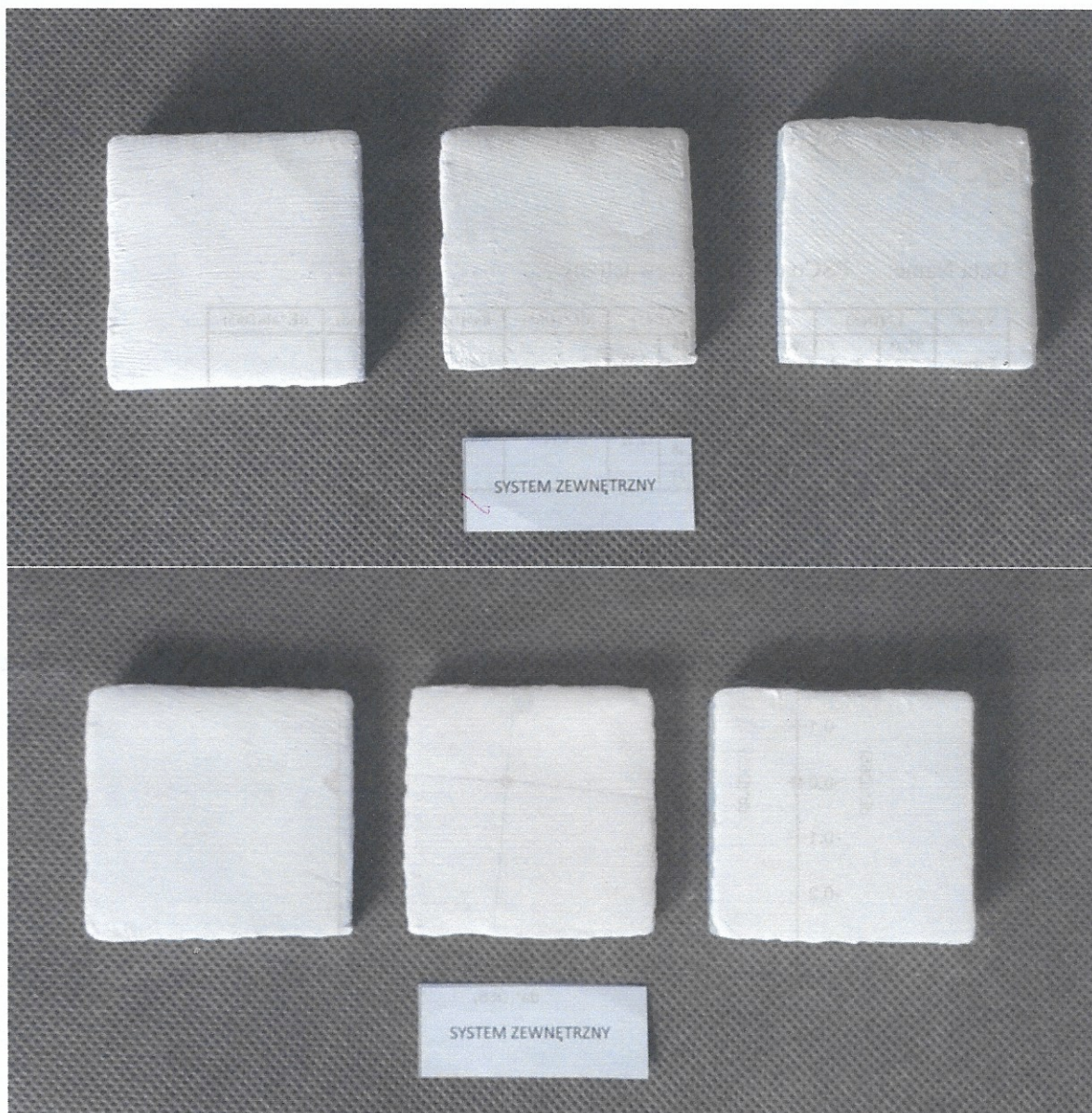


ZAŁĄCZNIK 1

Badanie w przyspieszonych warunkach starzeniowych



Fot. 1. System wewnętrzny przed badaniem w przyspieszonych warunkach starzeniowych (u góry) oraz po naświetlaniu w komorze starzeniowej (u dołu) (autor: Andrzej Podgórski).

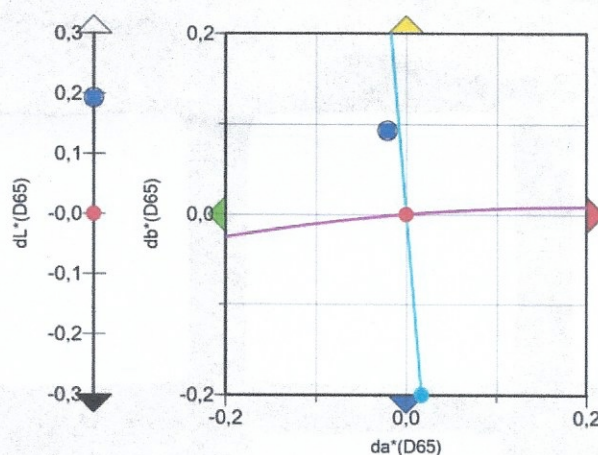


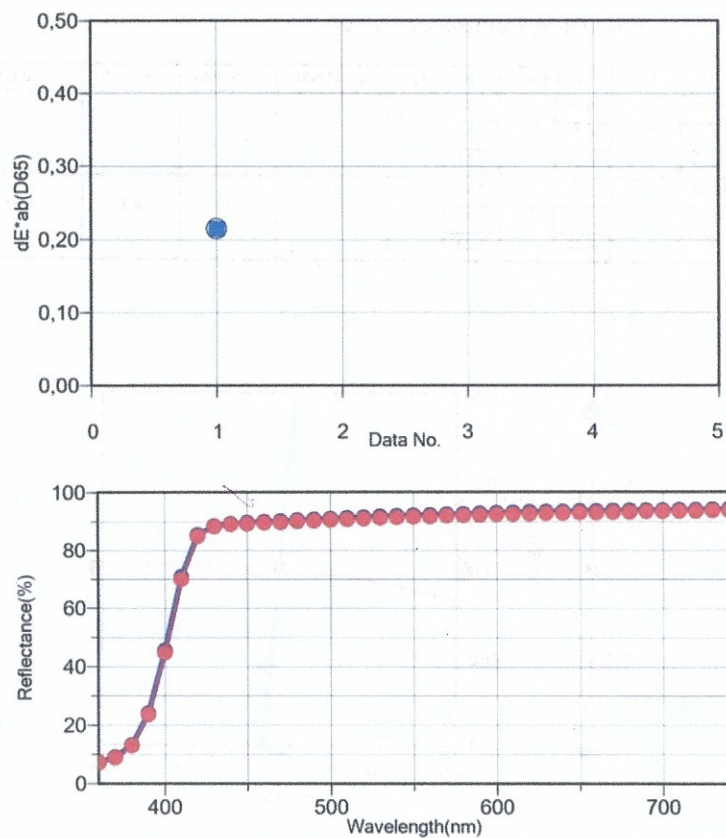
Fot. 2. System zewnętrzny przed badaniem w przyspieszonych warunkach starzeniowych (u góry) oraz po naświetlaniu w komorze starzeniowej (u dołu) (autor: Andrzej Podgórski).

Zmiany kolorystyczne próbek poddanych starzeniu wyznaczono z zastosowaniem spektrofotometru CM-2300d firmy Konica Minolta. Dane kolorymetryczne rozpatrywano w skali CIELab, w układzie oświetlenia SCI, iluminant D65. Do archiwizacji i obróbki uzyskanych wyników użyto oprogramowania SpectraMagic™ DX.

Data Name: PS Coat System wewnętrzny

Name	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	dL*(D65)	da*(D65)	db*(D65)	dE*ab(D65)
Target	97,09	96,60	-0,19	2,25	2,33	-	-
	95,64		-0,20	2,42			
	97,06		-0,20	2,31			
Sample	97,03	96,79	-0,22	2,37	0,19	-0,02	0,09
	96,38		-0,29	2,48			
	96,95		-0,23	2,41			

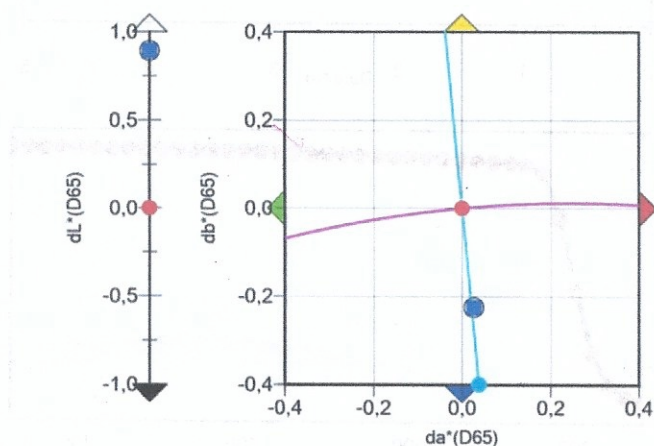


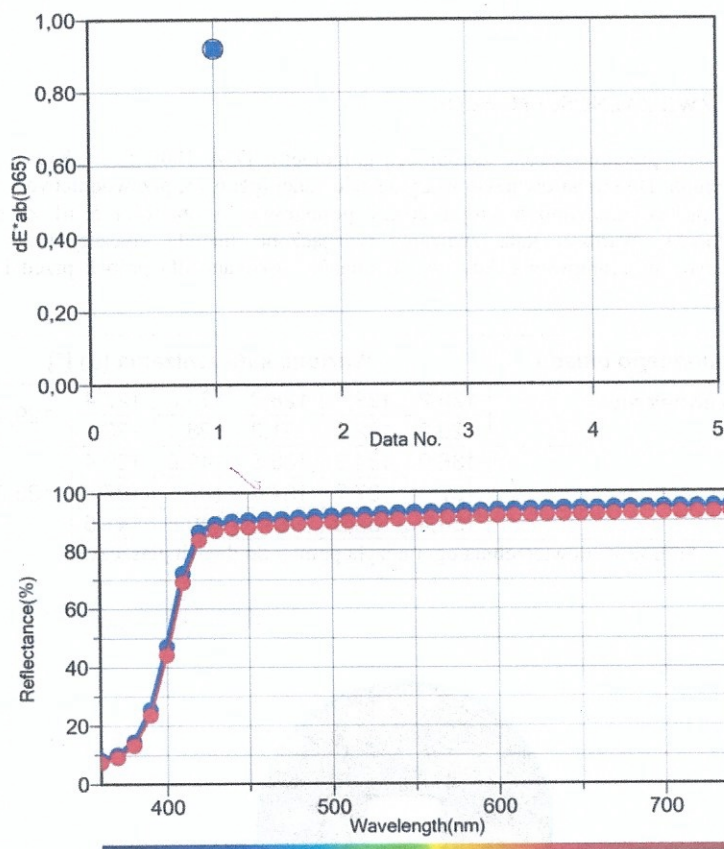




Data Name: PSCoat System zewnętrzny

Name	L*(D65)		a*(D65)		b*(D65)		dL*(D65)	da*(D65)	db*(D65)	dE*ab(D65)
Target	95,59	96,30	-0,26	-0,25	2,76	2,63	-	-	-	-
	96,40		-0,25		2,58					
	96,90		-0,24		2,54					
Sample	97,14	97,19	-0,23	-0,22	2,43	2,40	0,89	0,03	-0,23	0,92
	97,15		-0,22		2,34					
	97,27		-0,22		2,43					





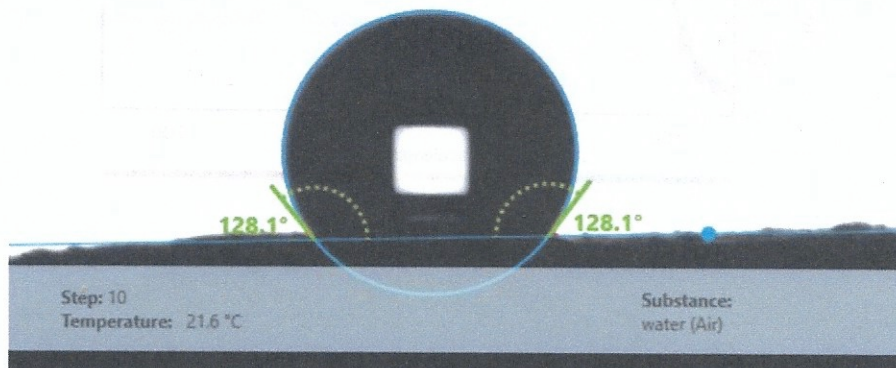


BADANIE ZWILŻALNOŚCI POWŁOK

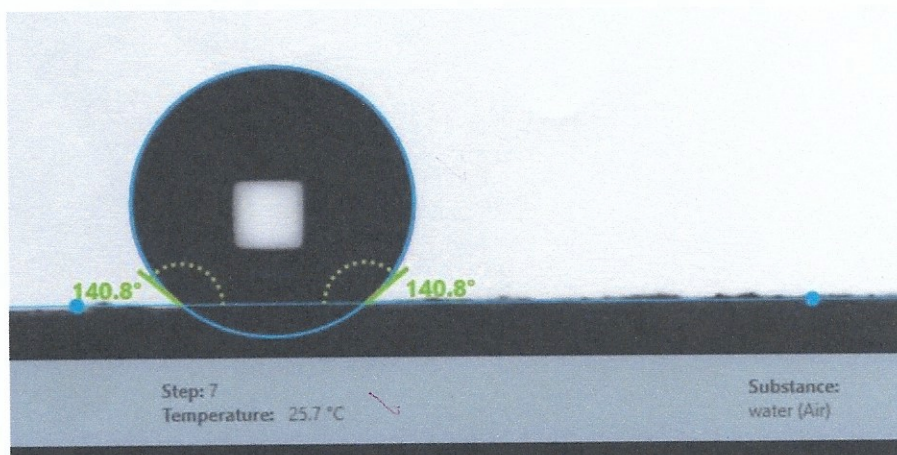
Badanie zostało przeprowadzone za pomocą goniometru DSA 100E firmy Krüss, metodą osadzonej kropli. Do pomiarów użyto wody destylowanej (pH 6,78, przewodnictwo 1,12 μS). Na każdej próbce osadzono 5 kropli cieczy pomiarowej o objętości 5 μl za pomocą mikrostrzykawki. Wartości kąta zwilżania wyznaczono metodą stycznej przy użyciu dedykowanego oprogramowania Advance. Pomiarów dokonano dla próbek przed i po ich naświetleniu.

Rodzaj badanego układu	Wartość kąta zwilżania (α) [°]					
System zewnętrzny (wzorzec) *	126,2	129,5	128,2	125,8	127,4	129,1 $\pm$ 2,4
	129,3	132,5	131,8	128,1	132,1	
System zewnętrzny	136,0	134,3	136,5	140,6	139,4	138,0 $\pm$ 2,5
	137,8	137,7	134,8	137,1	137,5	
	134,4	138,9	142,1	140,8	141,5	

*nierówna i chropowata powierzchnia ograniczyła pomiar do dwóch płaszczyzn

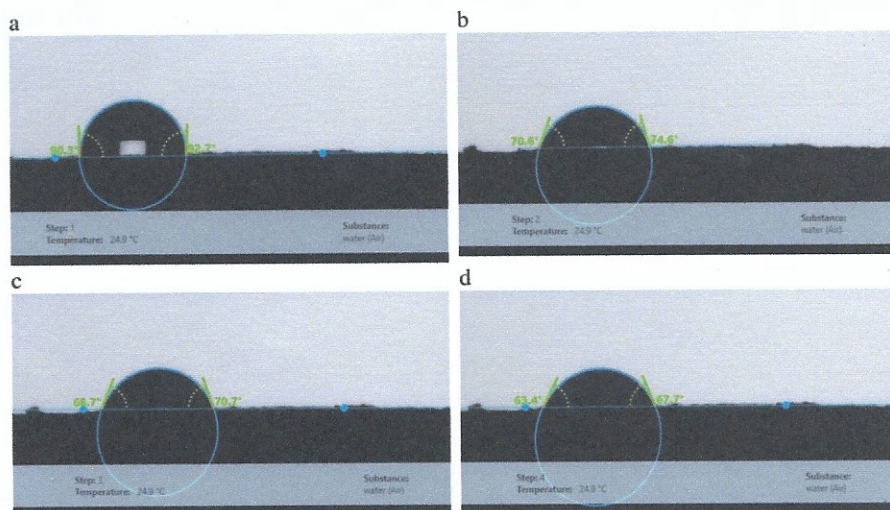


Fot.1. Zdjęcie kropli osadzonej na próbce systemu zewnętrznego przed naświetlaniem (autor: Marta Chylińska).



Fot.2. Zdjęcie kropli osadzonej na próbce systemu zewnętrznego po naświetleniu (autor: Marta Chylińska).

Dla próbek systemu wewnętrznego przed, jak i po naświetleniu, nie udało się wyznaczyć kąta zwilżania, gdyż kropla natychmiast penetrowała powłokę i podłoże. W ciągu ok. 15s całkowicie wnikała w próbkę (Fotografia 3).

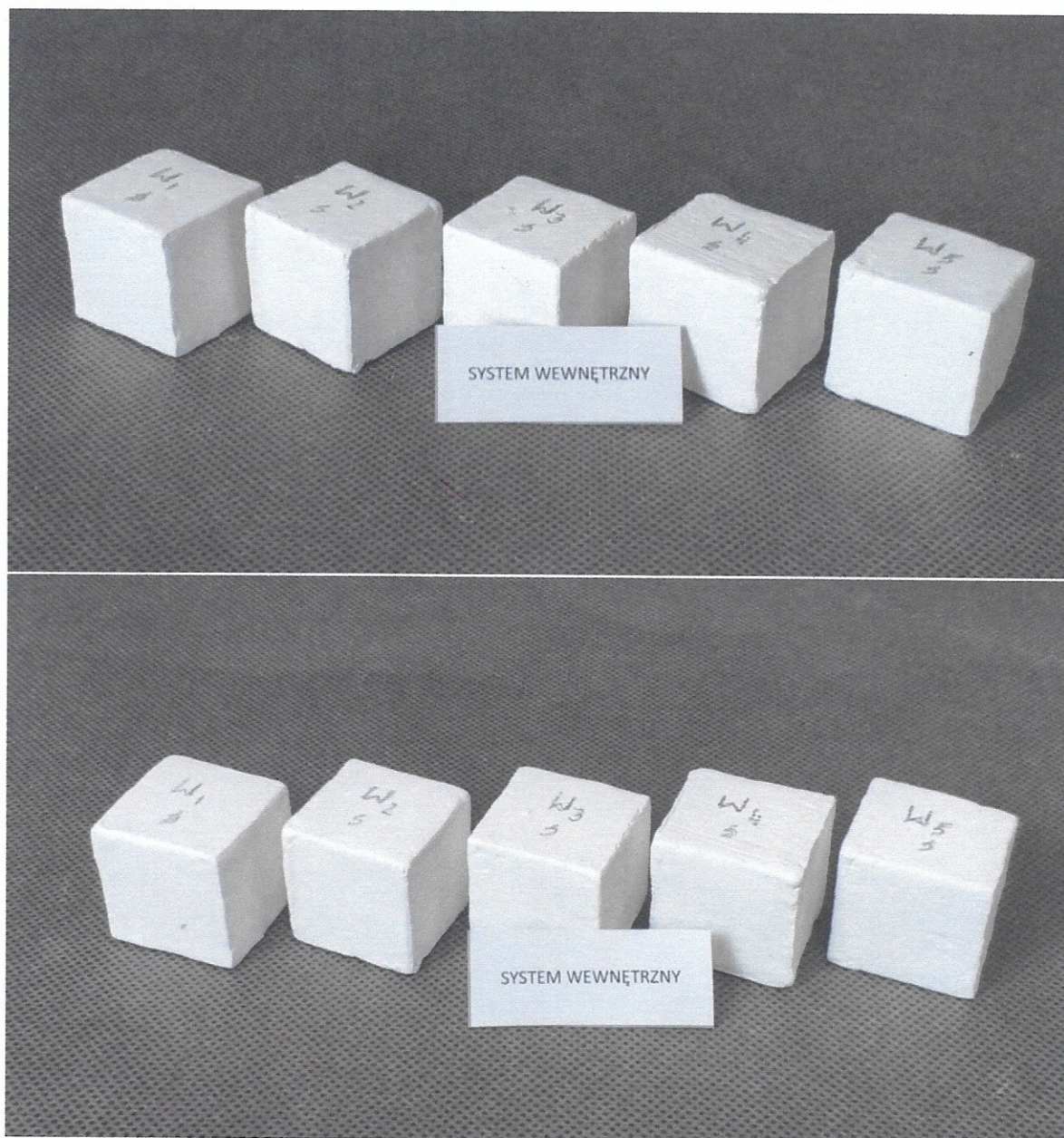


Fot.3. Zdjęcia kropli osadzonej na próbce systemu wewnętrznego po naświetleniu w odstępach kilkusekundowych (autor: Marta Chylińska).

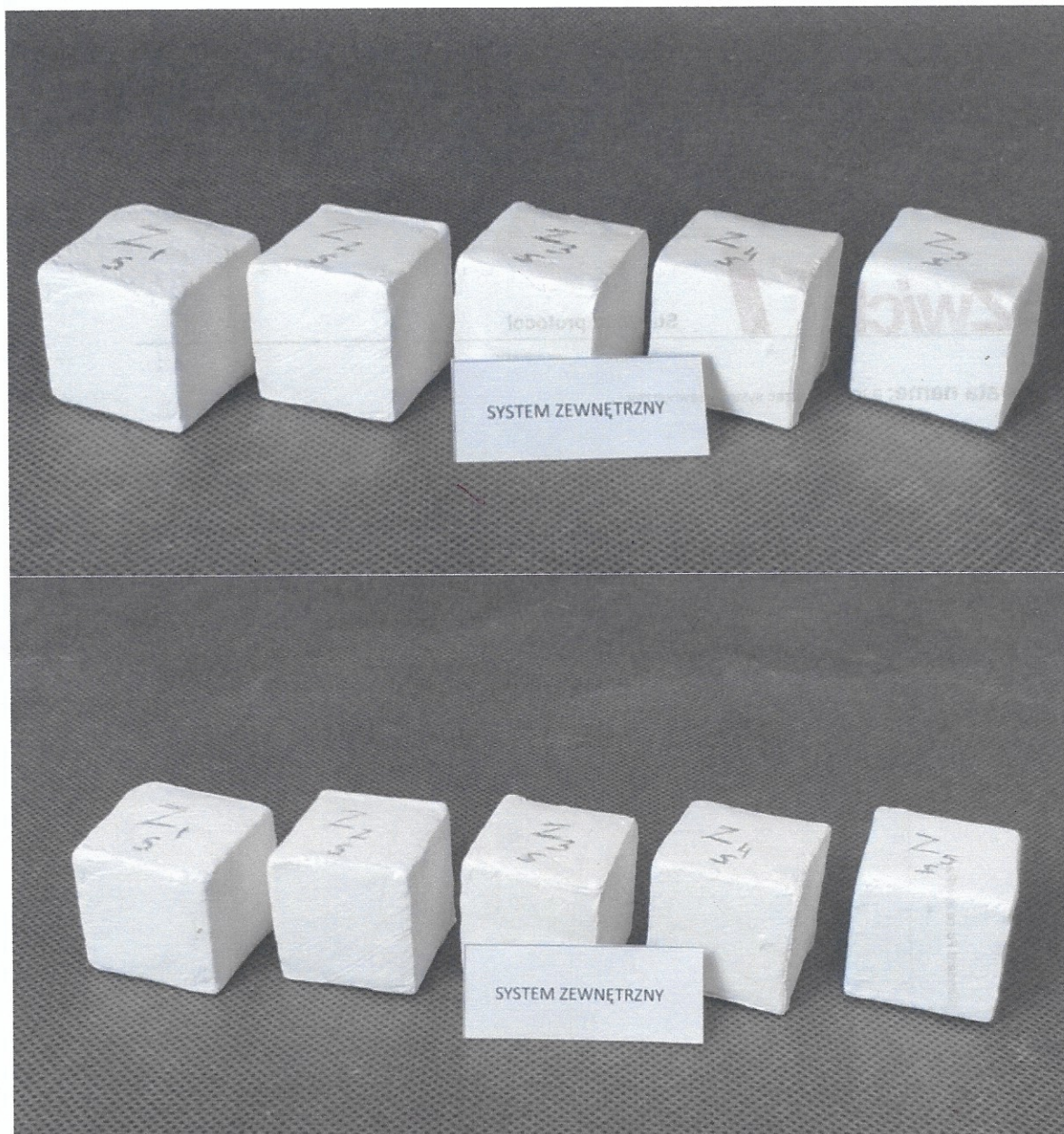


ZAŁĄCZNIK 2

Zdolność do migracji i krystalizacji soli



Fot. 1. System wewnętrzny przed badaniem zdolności do migracji i krystalizacji soli (u góry) oraz po oraz po przeprowadzonym badaniu (u dołu) (autor: Andrzej Podgórski).



Fot. 2. System zewnętrzny przed badaniem zdolności do migracji i krystalizacji soli (u góry) oraz po oraz po przeprowadzonym badaniu (u dołu) (autor: Andrzej Podgórski).



Do badań wytrzymałościowych wykorzystano prasę hydrauliczną ToniPRAX 1543, przeznaczoną do badań na ściskanie próbek materiałów budowlanych i zapraw, dla których maksymalne obciążenie zgniatające nie przekracza 300 [kN]. Sterowanie prasą oraz obróbka wyników odbywa się za pomocą dołączonego oprogramowania testXpert.



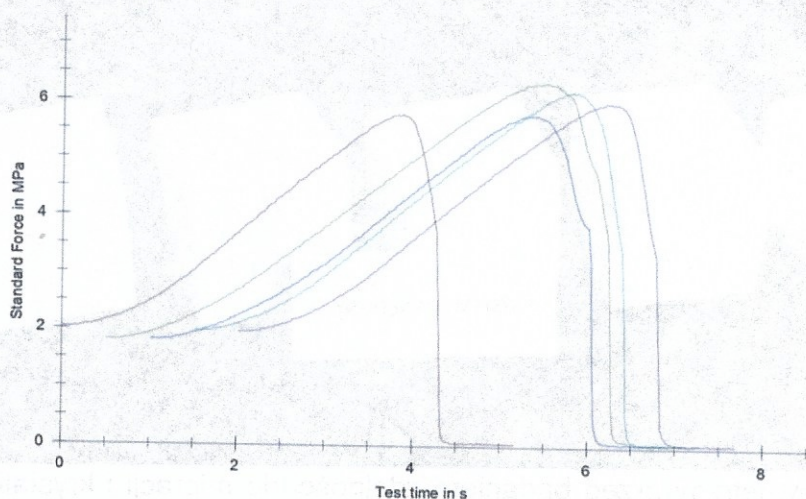
Standard protocol

Data name: PSCoat wzorec system wewnętrzny

Results:

Legends	Nr	F _{max} [MPa]
—	1	5,8
—	2	6,3
—	3	5,8
—	4	6,2
—	5	6,0

Series graphics:



Statistics:

Series n = 5	F _{max} [MPa]
x	6,0
s	0,2
x±s	6,0±0,2

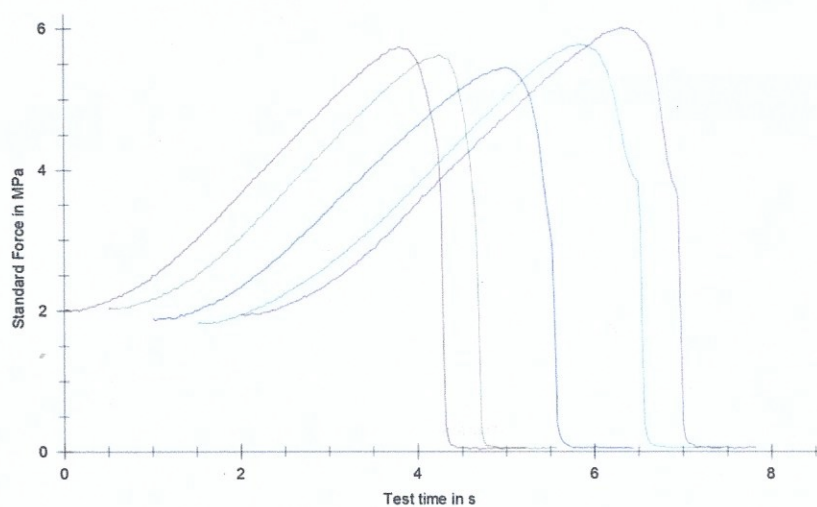


Data name: PS Coat system wewnętrzny migracja i krystalizacja soli

Results:

Legends	Nr	F _{max} [MPa]
—	1	5,7
—	2	5,6
—	3	5,4
—	4	5,8
—	5	6,0

Series graphics:



Statistics:

Series n = 5	F _{max} [MPa]
x	5,7
s	0,2
x±s	5,7±0,2

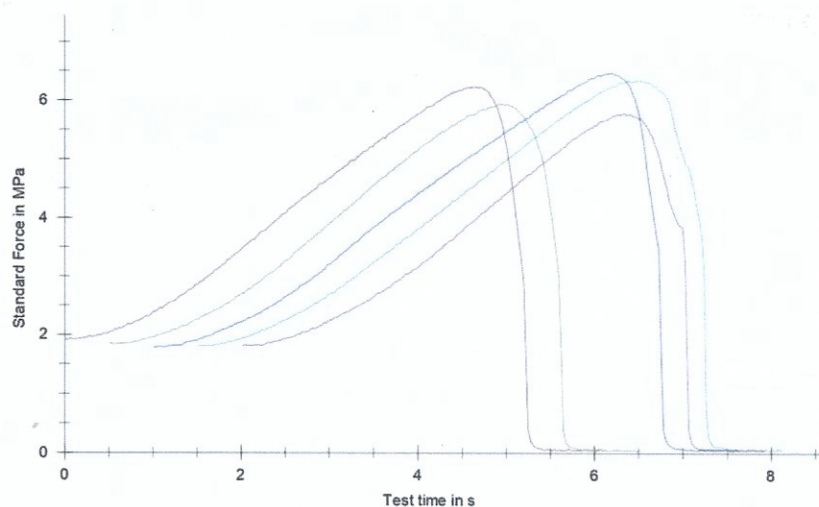


Data name: PS Coat wzorec system zewnętrzny

Results:

Legends	Nr	F _{max} [MPa]
—	1	6,2
—	2	5,9
—	3	6,5
—	4	6,3
—	5	5,8

Series graphics:



Statistics:

Series n = 5	F _{max} [MPa]
x	6,2
s	0,3
x±s	6,2±0,3

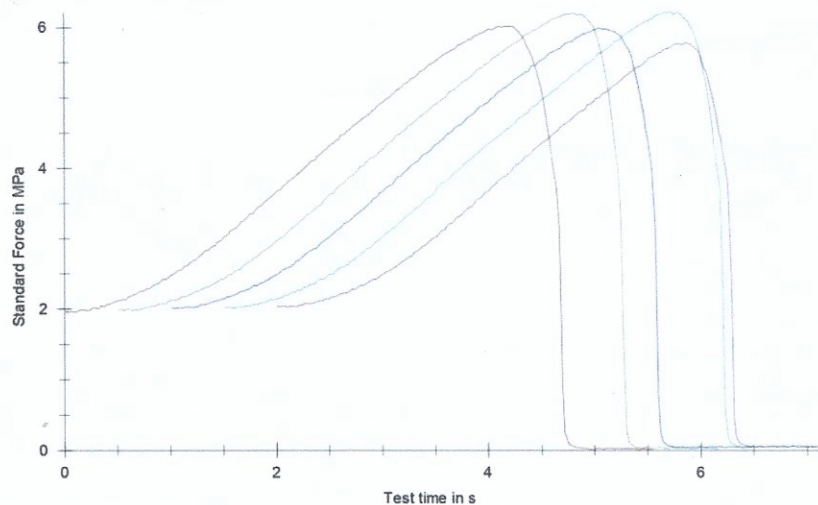


Data name: PSCoat system zewnętrzny migracja i krystalizacja soli

Results:

Legends	Nr	F _{max} [MPa]
	1	6,0
	2	6,2
	3	6,0
	4	6,2
	5	5,8

Series graphics:



Statistics:

Series n = 5	F _{max} [MPa]
x	6,0
s	0,2
x±s	6,0±0,2



UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU
Wydział Sztuk Pięknych

ZAŁĄCZNIK 4

pH, przewodnictwo



Pomiar pH oraz przewodnictwa właściwego wodnej zawiesiny systemów pobranych z podłoża wykonano przy użyciu wielofunkcyjnego urządzenia CPC-441 firmy Elmetron. Urządzenie, wyposażone w czujnik konduktometryczny EC-60 oraz elektrodę zespoloną Typ ERH-11, umożliwia pomiar z automatyczną kompensacją temperatury.

Rodzaj badanego układu	pH			
Woda destylowana	6,9	6,9	6,9	6,9±0,1
Zaprawa (wzorzec)	9,9	9,8	10,1	9,9±0,1
System wewnętrzny (sezonowanie + 1 dzień)	10,0	10,0	10,0	10,0±0,1
System zewnętrzny (sezonowanie + 1 dzień)	10,1	10,0	10,0	10,0±0,1
Woda destylowana	6,8	6,8	6,8	6,8±0,1
Zaprawa (wzorzec)	9,9	9,9	10,0	9,9±0,1
System wewnętrzny (sezonowanie + 7 dni)	10,1	10,1	10,1	10,1±0,1
System zewnętrzny (sezonowanie + 7 dni)	10,1	10,1	10,1	10,1±0,1
Woda destylowana	6,7	6,9	6,8	6,8±0,1
Zaprawa (wzorzec)	10,0	9,8	10,0	9,9±0,1
System wewnętrzny (sezonowanie + 14 dni)	10,1	9,9	10,0	10,0±0,1
System zewnętrzny (sezonowanie + 14 dni)	10,1	9,9	10,1	10,0±0,1
Woda destylowana	6,8	6,9	6,8	6,8±0,1
Zaprawa (wzorzec)	9,8	9,7	10,1	9,9±0,2
System wewnętrzny (sezonowanie + 21 dni)	10,2	10,2	10,1	10,2±0,1
System zewnętrzny (sezonowanie + 21 dni)	10,1	10,1	10,0	10,1±0,1

Rodzaj badanego układu	Przewodnictwo [μS/cm]			
Woda destylowana	16	14	15	15±3
Zaprawa (wzorzec)	209	182	194	195±14
System wewnętrzny (sezonowanie + 1 dzień)	426	411	417	418±8
System zewnętrzny (sezonowanie + 1 dzień)	443	426	435	435±9
Woda destylowana	17	22	16	18±3
Zaprawa (wzorzec)	218	191	202	204±14
System wewnętrzny (sezonowanie + 7 dni)	419	425	421	422±3
System zewnętrzny (sezonowanie + 7 dni)	442	439	440	440±2
Woda destylowana	18	15	16	16±2
Zaprawa (wzorzec)	186	210	182	193±15
System wewnętrzny (sezonowanie + 14 dni)	412	404	417	411±7
System zewnętrzny (sezonowanie + 14 dni)	431	425	428	428±3
Woda destylowana	16	15	17	16±1
Zaprawa (wzorzec)	198	190	213	200±12
System wewnętrzny (sezonowanie + 21 dni)	428	419	422	423±5
System zewnętrzny (sezonowanie + 21 dni)	446	441	440	442±3



ZAŁĄCZNIK 5

Podatność materiału na atak mikroorganizmów



PODATNOŚĆ MATERIAŁU NA ATAK MIKROORGANIZMÓW

Materiały i metody

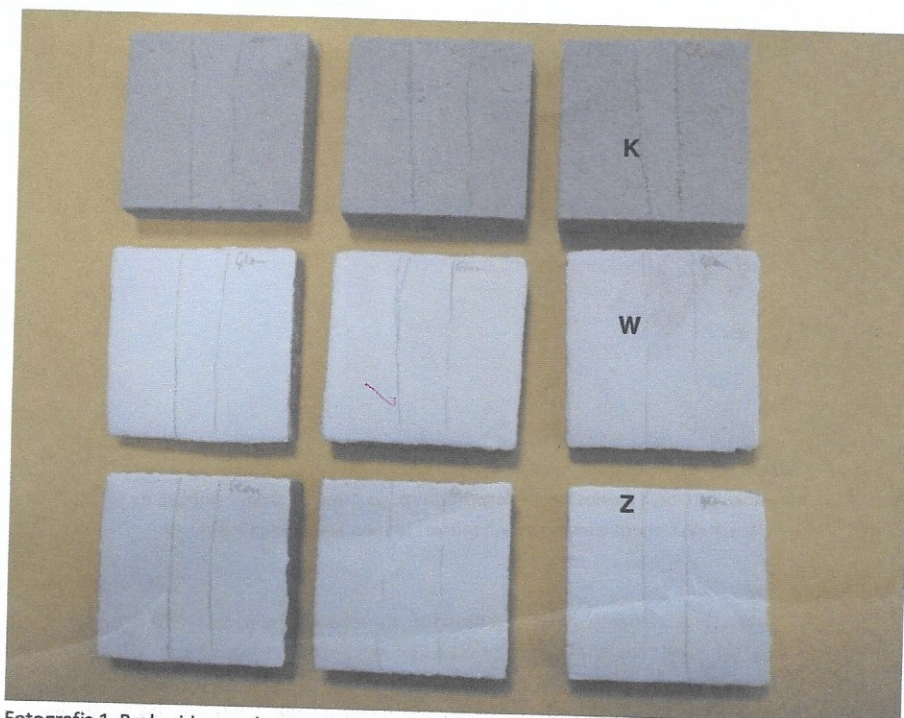
Do badań podatności materiału na atak mikroorganizmów dostarczono próbki: 3 próbki kontrolne zaprawy, 3 próbki zaprawy z zaaplikowanym systemem wewnętrznym i 3 próbki zaprawy z zaaplikowanym systemem zewnętrznym.

Do badania podatności dostarczonych próbek wybrano grzyb strzępkowy *Cladosporium* sp. (nr 44 z kolekcji Katedry Konserwacji-Restauracji Papieru i Skóry) i zielenicę jednokomórkową *Klebsormidium flaccidum* z kolekcji Culture Collection of Algae and Protozoa (CCAP; <https://www.ccap.ac.uk/>).

Każdą próbkę podzielono na trzy paski – pasek przeznaczony do zakażenia *Cladosporium* sp., pasek przeznaczony do zaszczepienia *Klebsormidium flaccidum* i wąski pasek między nimi, pozostawiony bez zaszczepiania. Przygotowano zawiesiny komórek grzyba i zielenicy w stężeniu 10^6 /ml. Zaszczepienie próbek przeprowadzono metodą pędzlowania jałowym pędzlem zanurzonym w zawieszynie. Następnie próbki inkubowano przez 1 miesiąc w szklanym eksykatorze, wypełnionym wodą do wysokości 5 cm, co dawało wilgotność względną powietrza bliską 100%, w warunkach oświetlenia światłem białym o natężeniu ok. 1000 lx. Zastosowano cykl 16 godzin naświetlania i 8 godzin ciemności.

Wyniki

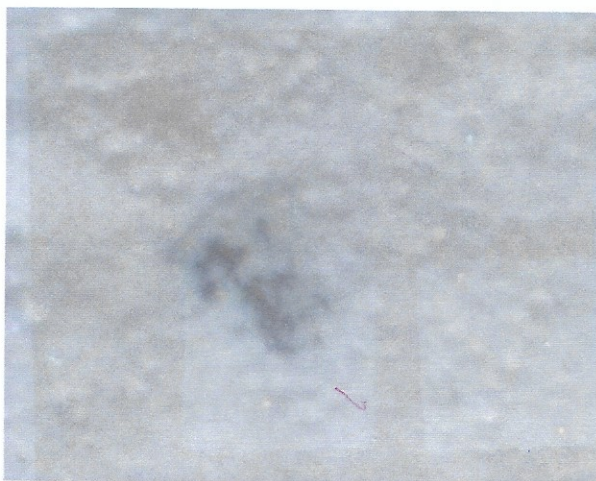
Na żadnej próbce, zarówno kontrolnej, jak i pokrytej badanymi systemami, nieuzbrojonym okiem nie zaobserwowano wzrostu kolonii zielenicy ani grzyba (tabela 1, fotografia 1). W obserwacji mikroskopowej w świetle odbitym w powiększeniu 45x we wszystkich próbkach na paskach zaszczepionych zarodnikami *Cladosporium* sp. wykryto nieliczne ślady inoculum, czyli zarodników pochodzących z zawiesiny użytej do zaszczepiania (fotografia 2). Na paskach zaszczepionych komórkami *Klebsormidium flaccidum* nie zaobserwowano żadnych śladów zielonych komórek.



Fotografia 1. Brak widocznych oznak wzrostu zielenicy *Klebsormidium flaccidum* i grzyba strzępkowego *Cladosporium sp.* na próbkach kontrolnych (K), próbkach z zaaplikowanym systemem wewnętrznym (W) i próbkach z zaaplikowanym systemem zewnętrznym (Z) (autor: Joanna Karbowska – Berent).

Tab. 1. Wyniki 1-miesięcznej inkubacji dostarczonych próbek zapraw z zaaplikowanymi systemami w warunkach wilgotnych, z dostępem światła.

Próbki	<i>Cladosporium sp.</i>	<i>Klebsormidium flaccidum</i>
System wewnętrzny	Brak wzrostu	Brak wzrostu
System zewnętrzny	Brak wzrostu	Brak wzrostu
Kontrola	Brak wzrostu	Brak wzrostu



Fotografia 2. Ślady inokulum, czyli zawiesiny *Cladosporium sp.* po 1-miesięcznej inkubacji na próbce z zaprawą z zaaplikowanym systemem wewnętrznym (autor: Joanna Karbowska – Berent).

Omówienie wyników

Zaobserwowany brak wzrostu mikroorganizmów, tj. *Cladosporium sp.* i *Klebsormidium flaccidum*, wynika z wysokiego pH na powierzchni próbek. Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami pH wynosiło ≥ 10 . Większość mikroorganizmów nie może się w tych warunkach rozwijać, ponieważ preferują one środowiska o pH do 8,0. Nieliczne komórki mogą jednak przetrwać, jak widać na fotografii 2.

Z czasem, w warunkach naturalnych na elewacjach, powierzchnie z badanymi zaprawami mogą zmienić pH wskutek oddziaływania opadów atmosferycznych i zanieczyszczeń nanoszonych z opadami, wiatrem lub w inny sposób. Jeśli pH obniży się poniżej 8,0, mikroorganizmy, które są obecne w powietrzu i kurzu, nie tylko osiądą i przetrwają, ale przypuszczalnie mogą też zacząć kiełkować i tworzyć kolonie.