

Analiza badań eksperymentalnych styku połączenia farb elewacyjnych z podłożem

Analysis of experimental tests of the interface between facade paints and the substrate

dr hab. inż. Barbara Ksit (ORCID: 0000-0001-6459-8783), mgr inż. Marlena Hagedorn – dyplomantka, Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu, Politechnika Poznańska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.6390

Streszczenie: Idea budownictwa zrównoważonego prowadzi do realizacji programów ochrony środowiska poprzez ograniczenie zużycia energii i zwiększenie trwałości budynku. W przypadku prac związanych z wykonaniem elewacji obiektu wiąże się to z nałożeniem odpowiednich powłok malarskich na powierzchnię przegrody. Materiały do warstw wykończeniowych w budynku powinny zapewniać trwałość, estetykę oraz bezpieczeństwo przegrody budowlanej. W artykule przedstawiono wyniki badań prowadzonych nad zastosowaniem farb elewacyjnych oraz poprawiających parametry termiczne przegród budowlanych. W celu sprawdzenia wytrzymałości i przyczepności do różnych podłoży przeanalizowano i porównano farby elewacyjne 3 producentów w tym 3 farby termoizolacyjne, które znajdują zastosowanie na polskim rynku budowlanym. Podjęto próbę określenia na podstawie analiz statystycznych wartości minimalnych dla określania parametrów przyczepności powłok malarskich do podłoża.

Słowa kluczowe: badania eksperymentalne, powłoki malarskie, metoda pull off.

Abstract: The idea of sustainable construction leads to the implementation of environmental protection programs by reducing energy consumption and increasing the durability of the building. In the case of works related to the construction of the façade of the building, this involves applying appropriate paint coatings to the surface of the partition. Materials for finishing layers in the building should ensure durability, aesthetics and safety of the building partition. The article presents the results of research on the use of facade paints and those improving the thermal parameters of building partitions. In order to check the strength and adhesion to various substrates, facade paints from 3 manufacturers were analyzed and compared, including 3 thermal insulation paints that are used on the Polish construction market. An attempt was made to determine, based on statistical analyses, the minimum values for determining the parameters of adhesion of paint coatings to substrates.

Keywords: experimental research, paint coatings, the pull-off method.

1. Wprowadzenie

Według aktualnie obowiązującej ustawy Prawo budowlane (tekst jednolity Dz.U. z 2023 r., poz. 682 z późn. zm.) [6] nie ma polskich norm z zakresu wytycznych dotyczących odbioru powłok malarskich. Kryteria odbioru robót wykończeniowych sformułowane są w zeszycie warunków technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych pt. Roboty wykończeniowe, zbiór B4[12]. Roboty malarskie powinny być wykonane zgodnie z projektem budowlanym oraz szczegółową specyfikacją techniczną, a sam sposób odbioru robót powinien być uzgodniony między stronami umownymi. Każdą farbę można scharakteryzować pod kątem kilku istotnych cech, takich jak: paroprzepuszczalność, trwałość pigmentu, odporność biologiczną, zdolność krycia, hydrofobowość [8]. Trwałość wykonanej powłoki pośrednio przyczynia się do ochrony środowiska [5]. Brak jest wytycznych liczbowych odnośnie wytrzymałości na odrywanie, a co za tym idzie trwałości.

Wykończenie powierzchni budynku lub budowli poprzez malowanie farbą jest jednym z najbardziej powszechnych

i najszybszych sposobów realizacji. Zaletami takiego wykończenia jest trwałość, bardzo obszerna gama kolorów lub też łatwość w czyszczeniu. Do zadań farb oprócz waloru dekoracyjnego należą również ochrona przed czynnikami biologicznymi, atmosferycznymi oraz mechanicznymi [2–4].

W specyfikacji technicznej dla każdej inwestycji powinny być określone informacje odnośnie: badania powłok malarskich, które zawierają kontrolę wyglądu zewnętrznego, kontrolę zgodności barwy i połysku, kontrolę odporności powłoki na wycieranie, kontrolę odporności na zmywanie oraz kontrolę przyczepności powłoki. Autorzy publikacji przeprowadzili badania eksperymentalne na wybranych farbach, w celu próby określenia parametru przyczepności dla wybranych powłok malarskich do dwóch rodzajów podłoża.

2. Analiza wybranych rodzajów farb

2.1. Materiały badawcze

Ze względu na ograniczoną dostępność materiału do badań skupiono się na elewacyjnych farbach producentów Sto, Atena oraz Caparol. Wybrano farby: Caparol Thermosan

Tabela 1. Zestawienie parametrów technicznych dla analizowanych farb [12]

	Caparol ThermoSan NQG	Caparol Amphibolin	StoColor Silco	StoColor Dryonic	StoColor Jumbosil	StoColor Lotusan	Sferolit APM 100	Sferolit APM 300	Sferolit Facade
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rodzaj farby	E	E	E	E	E	E	T/E	T/E	T/E
Granulacja [μm]	<100	100	<100	<100	<100	<100	-	-	-
Gęstość [g/cm^3]	1,5	1,39	1,4-1,6	1,2-1,4	1,5-1,6	1,4-1,6	0,45-0,55	0,45-0,55	0,45-0,55
Grubość suchej warstwy [μm]	100-200	50-100	150	150	190	220	800-1200	800-1200	800-1200
Przepuszczalność wody [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$]	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	0,2	0,2	0,2
Przenikanie pary wodnej [m]	0,14	$\geq 0,14 \leq -1,4$	-	-	-	-	-	-	-
Zużycie na warstwę [l/m^2]	0,15-0,2	0,12	0,18-0,2	0,12-0,15	0,17-0,22	0,17-0,2	0,8-1,0	0,8-1,0	0,8-1,0
Czas wysychania (w temperaturze $+20^\circ\text{C}$) [godz.]	12	72	8	24	8	8	0,5-24	0,5-24	0,5-24

E – farba elewacyjna

T/E – Termoizolacyjna/Elewacyjna (nazywane również farbami izolacyjnymi)

NQG, Caparol Amphibolin, StoColor Silco, StoColor Dryonic, StoColor Jumbosil, StoColor Lotusan, Sferolit APM 100, Sferolit APM 300 oraz Sferolit APM Facade.

Analizując opis produktu uwzględniający zastosowanie i właściwości [11–14] przedstawiono krótką charakterystykę wybranych farb. W badaniach zastosowano podział farb ze względu na spoiwo (tab. 1):

- farby silikatowe inaczej krzemianowe (mineralne) – 6;
- farby akrylowe – 2, 4;
- farby akrylowo-polimerowe – 7, 8, 9;
- farby silikonowe oraz spoiwo organo-silikatowo-akrylowe – 1, 3, 5.

• Caparol ThermoSan NQG

Farba silikonowa fasadowa oparta na technologii nanosieci kwarcowych Nano – Quarz – Gitter (NQG). Farba zawiera specjalną formułę z nanosieciami kwarcu, które wzmacniają specjalną kombinację spoiwa farby i opiera się ona na żywicach silikonowych. Dzięki organicznie usieciowanemu strukturalnemu nano-kwarcowemu, tworzy się trójwymiarowa sieć kwarcowa, co przekłada się na dłuższe utrzymywanie czystości powierzchni. Farby są odporne na deszcz, są paroprzepuszczalne, szybko wysychają, są odporne na działanie czynników atmosferycznych oraz mają wysoką przepuszczalność pary wodnej.

• Caparol Amphibolin

Bezemisyjna i bezrozpuszczalnikowa farba elewacyjna oraz do wykorzystania wewnątrz pomieszczeń. Ma dobrą przyczepność do wielu podłoży, m.in. beton, drewno, tynki, cegły. Odporna na warunki atmosferyczne oraz chroni ona materiał przed agresywnymi zanieczyszczeniami środowiskowymi.

• StoColor Silco

Farba elewacyjna bazująca na żywicy silikonowej, ma niską absorpcję wody, jest wysokoprzepuszczalna, zachowuje strukturę podłoża.

• StoColorDryonic

Farba elewacyjna bazująca na technologii Dryonic Technology, która tworzy bioniczny efekt utrzymujący suche elewacje oraz zapobiegający tworzeniu się alg i grzybów, bez używania biobójczej warstwy ochronnej.

• StoColor Jumbosil

Farba elewacyjna silikonowa z wypełniaczem – uszlachetnioną dyspersją silikonową. Powłoka ma właściwości umiarkowanie wypełniające, ma niski skurcz, jest odporna na działanie alkaliów, przepuszczająca dwutlenek węgla oraz parę wodną, hydrofobowa oraz dobrze zachowuje się podczas wysychania.

- **StoColor Lotusan**

Farba elewacyjna oparta na technologii Lotus-Effect. Ma ona właściwości ochronne przed glonami, grzybami bez dodatkowej warstwy ochronnej biobójczej. Powłoki mają właściwości zachowania struktury podłoża, charakteryzują się wysoką przepuszczalnością pary wodnej oraz dwutlenku węgla, właściwości samooczyszczające przy opadach deszczu.

- **Sferolit – APM100**

Farba z mikroceramicznym wypełniaczem oraz mieszanką akrylowych kopolimerów. Może być wykorzystywana jako farba przeciwgrzybiczna, antykorozyjna oraz termoizolacyjna. Powłoka bazują na pustkach próżniowych, które po wyschnięciu tworzą szczelną membranę.

- **Sferolit – APM 250/300**

Farba z mikroceramicznym wypełniaczem oraz mieszanką akrylowych kopolimerów, termoizolacyjna oraz wodochronna. Wykorzystywana w branży budowlanej, energetycznej oraz budowie maszyn.

- **Sferolit Facade**

Farba z mikroceramicznym wypełniaczem oraz mieszanką akrylowych kopolimerów. Może być wykorzystywana jako farba przeciwgrzybicza, antykorozyjna oraz termoizolacyjna.

3. Metodyka badań

Badania przeprowadzono w laboratorium Politechniki Poznańskiej. Badanie przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 4624:2016. Zostało przeprowadzone na dwóch podłożach, tj. na bloczku z betonu autoklawizowanego Ytong PP4/0,6 o wymiarach 24x60x20 cm o gęstości 600,0 kg/m³ oraz na cegłę budowlaną pełną klasy 15 MPa (PUHP DEKOR Leszek Kowalski, Czacz).

3.1. Opis metody

Badanie metodą pull-off jest jedną z dwóch stosowanych metod do oceny przyczepności podłoża. Bazuje ona na pomiarze minimalnego naprężenia rozciągającego, które jest potrzebne do oderwania powłoki malarskiej prostopadle do podłoża. Drugą metodą jest metoda siatki nacięć, w której w zależności od podłoża wykonuje się w różnych odległościach nacięcia prostopadle do siebie, następnie oczyszcza podłoże i przykleja taśmę. Po oderwaniu taśmy określa się na podstawie normy przyczepność farby do podłoża.

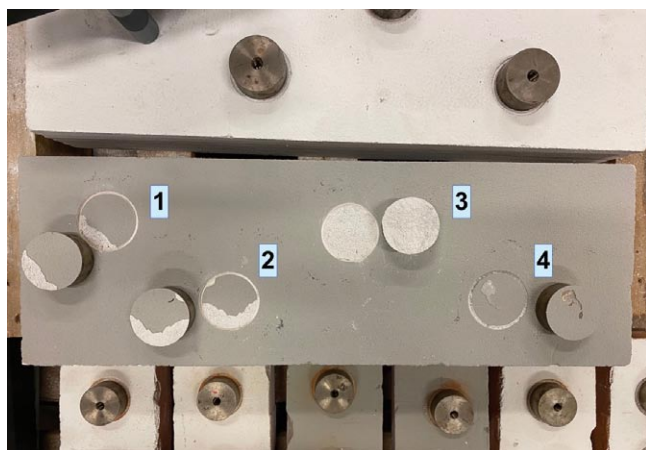
Eksperyment wykonano z wykorzystaniem pierwszej metody. Do wykonania badania zastosowano zrywarę Proceq dy-216, która jest zgodna z standardami normy PN-EN ISO 4624:2016 [7]. Naprężenia zostały przyłożone prostopadle do powierzchni płaszczyzny. Wzrost naprężeń wzrastał z prędkością równomierną i wynosił 0,05 MPa/s.

3.2. Przyjęte próbki badawcze

Badanie zostało przeprowadzone na elementach drobnowymiarowych wykonanych z betonu komórkowego oraz na cegle ceramicznej. Próbki zostały pomalowane wałkiem w dwóch warstwach dla farb Caparol Thermosan NQG, Caparol Amphibolin, StoColor Silco, StoColor Dryonic, StoColor Jumbosil oraz StoColor Lotusan. Farby Sferolit APM 100, Sferolit APM 300 oraz Sferolit APM Facade zostały nałożone metodą natryskową w dwóch warstwach. Przykładowe obrazy prowadzonych badań na dwóch podłożach przedstawiono rysunkach 1, 2.



Rys. 1. StoColor Silco – próba oderwania na cegle [1]



Rys. 2. Sferolit APM 100 – próba oderwania na betonie [1]

4. Wyniki badań

Badania przeprowadzono dla każdej powłoki, wykonując minimum cztery pomiary, dla jednego cyklu badawczego. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunkach 3–5.

W badaniu przeanalizowano rodzaj odrywania przyjmując zgodnie z normą [7]:

- A – kohezyjne oderwanie w podłożu,
- A/B – adhezyjne oderwanie między podłożem a pierwszą warstwą,
- B – oderwanie kohezyjne w pierwszej powłoce,

- B/C – oderwanie adhezyjne między pierwszą a drugą powłoką,
- Y/Z oderwanie adhezyjne między klejem a stemplem.

Proporcje ustalono zgodnie z wytycznymi normy na podstawie analiz makroskopowych próbek po odrywaniu.

W przeprowadzonych badaniach nie wystąpiły odrywania adhezyjne między podłożem a pierwszą warstwą oraz oderwanie kohezyjne w pierwszej powłoce. Szczegółowe zestawienie rodzajów odrywania powłok od podłoża zestawiono w tabeli 2.

Analizując wytrzymałość na oderwanie w zależności od rodzaju podłoża, w przypadku farby „Sferolit APM 300” nie stwierdzono istotnej różnicy wytrzymałości na oderwanie

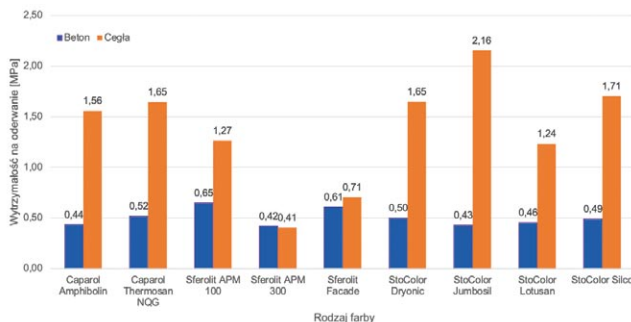
w zależności od rodzaju podłoża. W przypadku pozostałych farb wyniki dla podłoża z cegieł są wyższe niż dla podłoża z betonu komórkowego.

Analizując wpływ czasu odrywania w zależności od rodzaju podłoża: w przypadku farby Sferolit APM 300 i Sferolit Facade nie stwierdzono istotnej różnicy czasu odrywania, w zależności od rodzaju podłoża. W przypadku pozostałych farb wyniki dla cegieł są wyższe niż dla betonu.

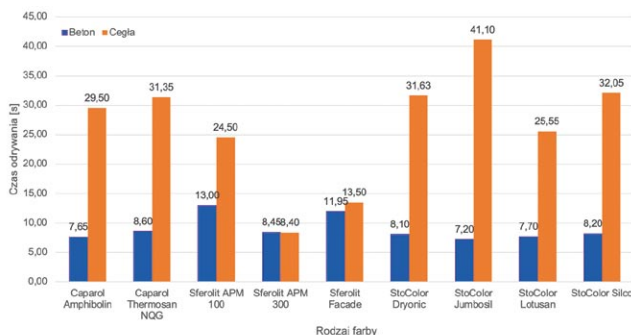
Analizując wpływ prędkości odrywania w zależności od rodzaju podłoża: w przypadku farby Caparol Amphibolin, Caparol Thermosan NQG, Sferolit APM 300 i Sferolit Facade nie stwierdzono istotnej różnicy prędkości odrywania w zależności od rodzaju podłoża. W przypadku pozostałych farb wyniki dla cegieł są wyższe niż dla betonu.

Tabela 2. Wyniki badań z podaniem rodzaju odrywania zachodzącym na badanych podłożach [1]

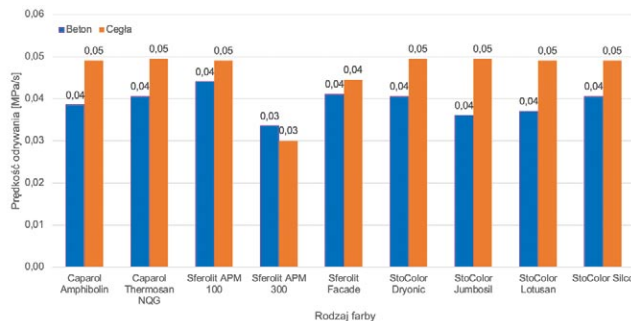
Farba	Nr próby	Rodzaj podłoża	Rodzaj oderwania	Farba	Nr próby	Rodzaj podłoża	Rodzaj oderwania
Caparol Amphibolin	1	ABK	A	StoColor Lotusan	1	beton	A
	2	ABK	A		2	beton	A
	3	ABK	A		3	beton	A
	4	ABK	A		4	beton	A
Caparol Amphibolin	1	cegła	A	StoColor Silco	1	beton	A
	2	cegła	A		2	beton	A
	3	cegła	A		3	beton	A
	4	cegła	A		4	beton	A
StoColor Jumbosil	1	ABK	A	Caparol Thermosan NQG	1	beton	A
	2	ABK	A		2	beton	A
	3	ABK	A		3	beton	A
	4	ABK	A		4	beton	A
StoColor Silco	1	cegła	20% B/C, 80% A	Sferolit APM 100	1	beton	20%A, 80% B/C
	2	cegła	10% Y/Z, 20% B/C, 70% A		2	beton	30%A, 70% B/C
	3	cegła	A		3	beton	A
	4	cegła	A		4	beton	10% Y, 90% B/C
StoColor Dryonic	1	ABK	A	Sferolit Facade	1	beton	10%A, 90% B/C
	2	ABK	A		2	beton	10%A, 90% B/C
	3	ABK	10% Y, 90% A		3	beton	20% B/C, 80%A
	4	ABK	A		4	beton	50% B/C, 50%A
Caparol Thermosan NQG	1	cegła	A	Sferolit APM 300	1	beton	10% Y, 20% A, 70% B/C
	2	cegła	30% Y/Z, 70% A		2	beton	B/C
	3	cegła	20% A, 80% Y/Z		3	beton	40% B/C, 60% A
	4	cegła	10% Y/Z, 90% A		4	beton	30% B, 70% B/C
StoColor Dryonic	1	cegła	10% Y/Z, 90% A	Sferolit APM 300	1	cegła	B/C
	2	cegła	20% -/Y, 30% B/C, 50% A		2	cegła	B/C
	3	cegła	A		3	cegła	B/C
	4	cegła	A		4	cegła	B/C
StoColor Jumbosil	1	cegła	A	Sferolit APM 100	1	cegła	20% B/C, 80% A
	2	cegła	A		2	cegła	50% B/C, 50% A
	3	cegła	A		3	cegła	10% A, 30% Y, 60% B/C
	4	cegła	A		4	cegła	10% A, 10% Y, 80% B/C
StoColor Lotusan	1	cegła	50% A, 50% B/C	Sferolit Facade	1	cegła	B/C
	2	cegła	50% A, 50% B/C		2	cegła	B/C
	3	cegła	A		3	cegła	B/C
	4	cegła	A		4	cegła	10% A, 90% B/C



Rys. 3. Wytrzymałość na oderwanie – wykres wyników analizy [1]



Rys. 4. Czas oderwania – wykres wyników analizy [1]



Rys. 5. Prędkość oderwania – wykres wyników analizy [1]

Badania wykazały, że w podłożu ceglanym farby o większej gęstości otrzymały wyższy wynik wytrzymałości na odrywanie oraz otrzymały wyższy wynik czasu odrywania od tych co miały gęstość o niższych wartościach.

5. Analiza statystyczna uzyskanych wyników

W celu analizy wiarygodności przeprowadzonych badań wykonano analizę statystyczną. Przeprowadzono diagnostykę skal:

- na poziomie jednorodność wariancji między farbami,
- jednorodność wariancji między rodzajami podłoża.

W obu przypadkach zastosowano Test Levene'a i Test Browna-Forsythe'a.

Wykonano także diagnostykę normalności rozkładu, wykorzystując Test Kołmogorowa-Smirnowa i Test Shapiro-Wilka [10].

Z uzyskanych wyników można wywnioskować, że wariancja w porównywanych grupach nie jest jednorodna oraz rozkłady

wyników nie spełniają warunku normalności. Dalsze analizy przeprowadzono podejściem nieparametrycznym.

Do wykonania obliczeń statystycznych przyjęto za istotne prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p < 0,05$, a za wysoce istotne przyjęto prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p < 0,01$. Wytrzymałość na oderwanie na podłożu betonowym nie różni się istotnie ($p > 0,05$) w zależności od rodzaju analizowanej farby.

Wytrzymałość na oderwanie na podłożu ceglanym różni się bardzo istotnie ($p < 0,01$) w zależności od farby. Farba StoColor Jumbosil uzyskała wynik istotnie wyższy od farb Sferolit APM 300 i Sferolit Facade.

6. Podsumowanie

Trwałość i wytrzymałość na odrywanie powłoki są parametrami wpływającymi na estetykę budynku oraz pośrednio na ochronę środowiska. Każda z analizowanych farb, jaką podają producenci, wykazuje wiele istotnych właściwości ekologicznych. Wykonane badania oderwania powłok przeprowadzone na dwóch podłożach, z wykorzystaniem metody pull off wykazały, że można podjąć próbę określenia wartości liczbowej wytrzymałości na odrywanie dla farb. Analizy wykazały, że podanie w wytycznych prawnych wartości minimalnych, powinno być zróżnicowane i uzależnione od rodzaju podłoża. Analiza statystyczna eksperymentu wykazała, że w celu zwiększenia wiarygodności przeprowadzonych badań, należy weryfikację wykonać na większej próbie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Hagedorn M., Analiza wielokryterialna farb poprawiających parametry termiczne przegród budowlanych, praca dyplomowa magisterska, promotor dr inż. B. Ksit, Poznań, 2023
- [2] Kaczkowska A., Technologia robót wykończeniowych, Wydawnictwo i Handel Książkami, 252 strony, Krosno, 2023
- [3] Ksit B., Pilch R., Rewitalizacja ekologiczna środowiska zurbanizowanego na przykładach implementacji wybranych współczesnych farb i tynków, Przegląd budowlany 11–12/2021, str. 72–76
- [4] Runkiewicz L., Sieczkowski J., Aktualne wymagania środowiskowe przy projektowaniu i realizacji obiektów budowlanych, Przegląd Budowlany 10/2019, str. 24–29
- [5] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62, poz. 627, z późn. zm.)
- [6] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2023 r., poz. 682, 553, 967)
- [7] PN-EN ISO 4624:2016: Farby i lakiery, Próba oderwania do oceny przyczepności, str. 5–14
- [8] PN-EN 1062-1:2005: Farby i lakiery – Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton – Część 1: Klasyfikacja
- [9] Wiktorowicz J., Grzelak M., Grzeszkiewicz-Radulska K., Analiza statystyczna z IBM SPSS Statistics, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 2020
- [10] Materiały informacyjne oraz karty techniczne firm: STO, Atena, Caparol
- [11] <https://www.products.pcc.eu/pl/k/farby-i-lakiery/> (dostęp 27.03.2023 r.)
- [12] <https://www.itb.pl/warunki-techniczne-wykonania-i-odbioru-robot-budowlanych> (dostęp 05.04.2023 r.)
- [13] <https://polifarb.lodz.pl/pl/content/105-jaka-farba-do-betonu-na-zewnatrz-wersja-eko-vs-rozpuszczalnikiem> (dostęp 12.04.2023 r.)
- [14] <https://magazynprzemyslowy.pl/artykuly/rodzaje-farb-przemyslowych-czyli-kiedy-jak-i-dlaczego> (dostęp 28.03.2023 r.)