

ZANIECZYSZCZENIA BIOLOGICZNE ELEWACJI

dr inż. Barbara Ksił
Politechnika Poznańska
dr inż. Daria Horbik
Instytut Techniki Budowlanej

Rewitalizacja elewacji wiąże się z wieloma zabiegami. Szczególnie istotne jest zwrócenie uwagi na tok postępowania i dobór odpowiednich rozwiązań, gdy już raz doszło do skażenia powierzchni. Przed kompleksowym podejściem do odnowienia elewacji należy zweryfikować stopień porażenia, szybkość i zdolność do rozwoju mikroorganizmów.

Ponieważ mikroorganizmy mają bardzo niskie wymagania pokarmowe i ogromne możliwości przystosowawcze, mogą się rozwijać praktycznie na każdym podłożu (drewno, ceramika, beton, kamień, tworzywa sztuczne). Do rozwoju potrzebują wilgotności powyżej 60%, temperatury 0-35°C i odczynu pH zbliżonego do obojętnego. Wytwarzają one trujące oraz alergiczne substancje [6].

Przyczyny powstawania zmian na elewacjach

Jest wiele przyczyn występowania zanieczyszczeń biologicznych na elewacjach. Do głównych przyczyn zaliczamy czynniki związane z sytuowaniem obiektu, rozwiązaniami materiałowo-technologicznymi i wykonawstwem. Istotne zagadnienia związane ze skażeniem mikrobiologicznym elewacji to:

- sprzyjające warunki atmosferyczne (wilgotnościowe i temperaturowe),
- błędy projektowe,
- błędy wykonawcze,
- niewłaściwy dobór materiałów,
- jakość wody opadowej,
- jakość powietrza,
- niewłaściwe przechowywanie produktów (co prowadzi do skażenia wyrobu jeszcze przed wbudowaniem).

Wilgoć pojawia się w przegrodach budowlanych z różnych przyczyn. Ewidentnym przykładem jest kapilarne podciąganie wody gruntowej,

spowodowane przez błędy w wykonaniu izolacji poziomej i pionowej fundamentów. Materiały budowlane z różną szybkością podciągają wodę na znaczną wysokość, zawilgacając mur także od wewnątrz.

Kolejnym czynnikiem jest wadliwie działająca instalacja odprowadzania wody opadowej, która przedostaje się do wnętrza elementów budowlanych przez nieszczelne dachy, wadliwe miejsca w przegrodach pionowych itd. Niepoprawne wykonanie obróbki blacharskiej lub niewłaściwe spadki (parapety ze spadkiem do lica ściany) potęgują możliwość kumulowania wilgoci w przegrodach. Wilgoć jest wprowadzana także w fasady podczas prowadzenia prac budowlanych (przy procesach mokrych). W przypadku większości materiałów budowlanych realizacja prac wykończeniowych w nieodpowiednich warunkach atmosferycznych (zbyt duża wilgotność, ujemne temperatury) prowadzi do zmian w strukturze, a w konsekwencji do zwiększenia ich nasiąkliwości. Parametr ten ma szczególne znaczenie w przypadku tynków narażonych na długotrwałe zawilgocenie, z uwagi na utrudnione procesy suszenia (np. północne ściany). W wielkich aglomeracjach lub w zanieczyszczonych obszarach (przy traktach komunikacyjnych), gdzie w wodzie opadowej występuje duża ilość związków siarki i azotanu, procesy degradacyjne warstw tynkarskich nabierają znacznego dynamizmu.

Mikroorganizmy mogą się rozwijać praktycznie na każdym podłożu (drewno, ceramika, beton, kamień, tworzywa sztuczne). Do rozwoju potrzebują wilgotności powyżej 60%, temperatury od 0°C do 35°C i odczynu pH zbliżonego do obojętnego.

Długotrwałe działanie wilgoci w ścianach budynku prowadzi do biologicznej degradacji jej powierzchni. Wyróżniamy porost pierwotny (gdy pożywką umożliwiającą rozwój skażenia zawarta jest w strukturze materiału) i porost wtórny (gdy rozwijające się organizmy korzystają ze składników zanieczyszczeń osadzających się na powierzchni materiału).

Duża ilość roślin pyłących, pól uprawnych, przym kompostowych i akwenów wodnych także sprzyja degradacji elewacji. Pyłki z roślin oraz substancje klejące osiadają na fasadach i tworzą odpowiednie środowisko dla glonów i grzybów. Kolejne niekorzystne zjawisko to występowanie kolonii glonów i grzybów na rosnących drzewach. Zielone rośliny stanowią także naturalną osłonę budynku, poprawiając jego para-

metry termiczne, jednakże rzucają cień na elewacje, przez co zacienione powierzchnie dłużej pozostają wilgotne. Z powodu transpiracji (ciągłego wyparowywania wody z liści) zwiększa się wilgotność powietrza w ich otoczeniu. Prowadzi to do zwiększenia ilości wilgoci na powierzchni budynków i budowli, co sprzyja rozwojowi glonów, grzybów porostów czy też mchów.

Zwiększenie wilgoci w przegrodzie wielokrotnie następuje w wyniku skrócenia okresu trwania budowy. Jeżeli prace realizowane są w okresach wzmożonej wilgotności (np. zimą) lub ograniczone są przerwy technologiczne, to rezultatem jest znaczne zawilgocenie przegród budowlanych i brak możliwości wysychania elementów pomiędzy kolejnymi etapami budowy. Kolejnym mankamentem jest nieodpowiedni dobór materiałów. Materiały zawierające organiczne związki węgla lub o odczynie obojętnym mogą sprzyjać porostowi mikologicznemu. Wszystkie tynki żywiczne są materiałami zawierającymi spoiwa organiczne, które stanowią pożywkę dla grzybów.

Za jedną z najważniejszych przyczyn degradacji biologicznej elewacji uznaje się stworzenie korzystnych ciepło-wilgotnościowych warunków na powierzchni ścian zewnętrznych. Zwiększona izolacyjność ścian poprawia obraz termiczny budynku, niestety niekorzystnie wpływa na procesy wysychania wilgoci pochodzącej z opadów atmosferycznych. W wierzchniej warstwie elewacji wykonanej metodą lekko mokrą (dawna BSO, obecnie metoda ETICS) dochodzi do kondensacji wilgoci. Zewnętrzna warstwa (tynk cienkowarstwowy) ma bardzo małą pojemność cieplną. Ciepło wypromieniowuje dużo szybciej niż w przypadku tradycyjnej przegrody, przez co znacznie częściej spada temperatura powierzchni. Zjawisko to może być czynnikiem prowadzącym do rozwoju kolonii glonów i grzybów.

Kolejną istotną przyczyną mikrobiologicznych zanieczyszczeń jest nie trwałość rewitalizacji elewacji. Bardzo często organizmy żywe nie zostają unicestwione, a przechodzą w formę utajoną, która przy sprzyjających warunkach uaktywnia się. „Komórki glonów żyjących w powietrzu, wielkości mniej więcej cząsteczki pyłku, przenoszone są przez wiatr. Opadają na wszelkiego rodzaju powierzchnie. Jeśli trafią na odpowiednią ilość wody, w której jest dostateczna ilość składników pokarmowych, to zaczynają się rozmnażać. W ten sposób tworzą się kolonie glonów. W wypadku pojawienia się niekorzystnych warunków, szczególnie przy braku wody, komórki wysychają i tracą kolor. Wyschnięte komórki glonów mogą przeżyć dłuższy czas bez wody i składników pokarmowych. Glony nie uszkadzają podłoża, na którym rosną” [7]. Z kolei grzyby uszkadzają podłoże, potrzebują do życia wilgoci, substancji organicznych oraz temperatury między 0°C a 30°C. Grzyby potrafią bronić się przed promieniami UV, stosując na strzępkach i zarodnikach ciemne zabarwienie.

Analiza badawcza

Na Politechnice Poznańskiej przeprowadzono badania różnych powierzchni skażonych mikroorganizmami. Badania prowadzono, analizując wartości wskaźnika pH dla granitu, ceramiki, betonu oraz tynku cementowo-wapiennego (Tabela 1).

Jak wynikało z badań, w materiałach o odczynie pH przesuniętym w kierunku kwaśnego (granit o pH = 7,90 i ceramika o pH = 7,93) w miarę upływu czasu następuje wzrost wartości pH. W pierwszym etapie czasowym jest to wzrost niewielki, o ok. 0,04-0,07, w zależności od rodzaju grzyba. Po 6 miesiącach wzrost staje się znaczny – od 1,39 do 1,89. Informacja ta wskazuje na destrukcyjne zmiany w strukturze materiałów.

W przypadku granitu pod wpływem wydzielanych przez grzyby substancji następuje prawdopodobnie rozkład skaleni. Najpierw plagioklazów, na skutek serycytyzacji, a w dalszej kolejności argilityzacji – rozkładowi ulegają skaleni potasowe.

W przypadku ceramiki również mamy do czynienia z rozkładem tworzonej podczas wypalania fazy szklistej i zastosowanych topników, głównie skaleni sodowo-potasowych.

Odmienne charakter zmian pH możemy zaobserwować na materiałach o odczynie zasadowym, tj. betonie i tynku cementowo-wapiennym. W miarę upływu czasu obserwuje się spadek wartości pH, początkowo

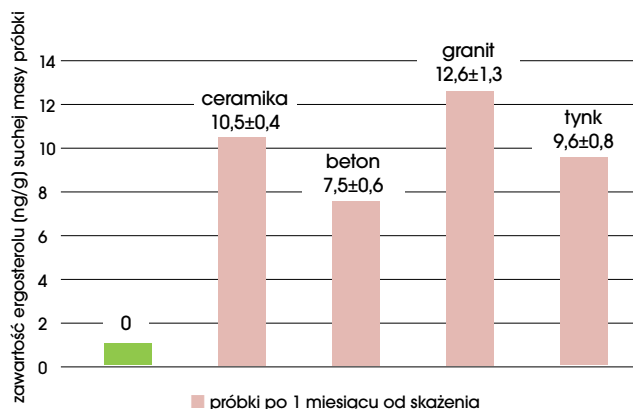


Fot. 1, 2. Skażone elewacje

Tabela.1. Oznaczone wartości odczynu pH w zależności od rodzaju materiału, rodzaju grzyba i terminu badawczego (1).

Materiał	Rodzaj grzyba	Próbka wzorcowa – nieskażona	pH*	
			Po 1 miesiącu od skażenia	Po 6 miesiącach od skażenia
Granit	Aspergillus	7,90	7,94	9,55
	Cladosporium		7,98	9,47
	Penicillium		8,06	9,36
Ceramika	Aspergillus	7,93	7,96	9,22
	Cladosporium		7,95	9,24
	Penicillium		8,00	9,81
Beton	Aspergillus	12,30	12,08	11,46
	Cladosporium		11,69	11,00
	Penicillium		12,00	11,23
Tynk	Aspergillus	12,21	12,00	9,63
	Cladosporium		12,04	10,40
	Penicillium		12,06	10,04

* Badanie przeprowadzono na uśrednionej próbce uzyskanej z trzech badanych próbek



Rys. 1. Porównanie zawartości ergosterolu w próbkach różnych materiałów po 1 miesiącu od skażenia *Cladosporium cladosporioides* – w porównaniu do próbki wzorcowej (0) [1].

(w ciągu pierwszego miesiąca) stosunkowo mały. Kolejnych pięć miesięcy działania grzybów powoduje dalszy, znaczący spadek wartości pH (odpowiednio o 1,3 dla betonu i o 2,5 dla tynku cementowo-wapiennego). Wydzielane przez grzyby substancje wchodzi w reakcje z fazami zawierającymi wapń i tworzą rozpuszczalne, usuwane z materiałów związki. Następuje wytrawianie tych materiałów i ich powolny rozkład [1].

Zakres badań

W przypadku skażonych materiałów budowlanych w trakcie rozwoju grzybów pleśniowych można przeprowadzić różnorodne badania i określić: zawartość wytwarzanego ergosterolu, intensywność wzrostu oraz formy rozwojowe grzybów, natężenie emitowanej przez grzyby bioluminescencji oraz odczyn pH materiałów skażonych.

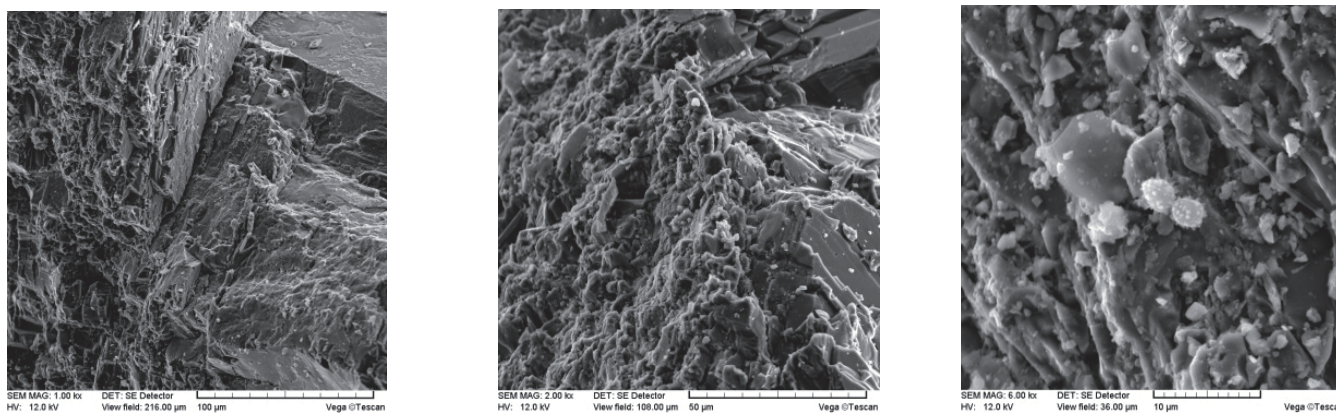
Analiza obecności ergosterolu

Analizę przeprowadza się w trybie monitorowania reakcji następczych (MRM). Dla ergosterolu monitorowano przejście z jonu o $m/z = 379$ na jon o $m/z = 69$ przy energii kolizji 45 V. Próbkę analizowano z użyciem techniki wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas. Zastosowano chromatograf cieczowy UltiMa-

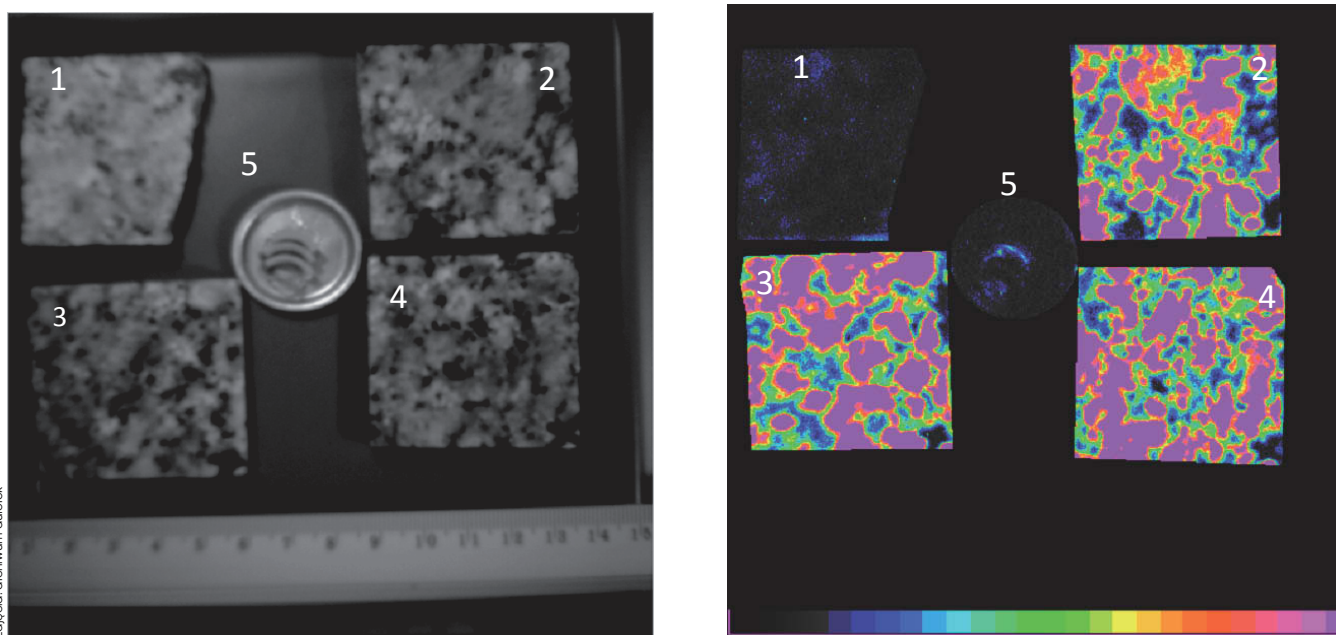
Zakres badań skażonych materiałów budowlanych, w trakcie rozwoju grzybów pleśniowych:

- określenie zawartości wytwarzanego ergosterolu,
- określenie intensywności wzrostu oraz form rozwojowych grzybów,
- określenie natężenia emitowanej przez grzyby bioluminescencji,
- określenie odczynu pH materiałów skażonych.

te 3000 RSLC firmy Dionex i spektrometr mas API 4000 QTRAP firmy AB/Sciex ze źródłem jonizacji chemicznej pod ciśnieniem atmosferycznym (APCI) [4]. Wszystkie próbki różnych materiałów wykazywały skażenie *Cladosporium cladosporioides* (rys. 1).



Fot. 3. Zestawienie porównawcze obrazów mikroskopowych SEM w zależności od rodzaju materiału i czasu działania grzyba *Aspergillus Niger*: a) próbka wzorcowa nieskażona; b) próbka po 1 miesiącu od skażenia; c) próbka po 3 miesiącach od skażenia.



Fot. 4. Wygaszanie luminescencji indukowanej światłem (fotoindukcji) na próbkach granitu skażonego *Cladosporium cladosporioides*; 1. Próbka wzorcowa. 2, 3, 4. Próbkę po 1 miesiącu od skażenia grzybem. 5. Wzorec radioluminescencyjny ^{63}Ni . a) Widok ogólny próbek przed włożeniem do kamery; b) emisja po 1 h od włożenia do kamery (początek wyciemniania obrazu) [1].

Obrazy mikroskopowe SEM

Do określania stopnia rozwoju grzyba i zmian zachodzących w materiałach po różnych terminach badawczych można wykorzystać mikroskopię skaningową SEM wraz z bezwzorcową mikroanalizą rentgenowską EDS. Poniżej przedstawiono przykładowe zestawienie porównawcze obrazów mikroskopowych SEM (fot. 3) w zależności od rodzaju materiału i czasu działania próbek granitu grzybem *Aspergillus Niger* [1], [3].

Pomiary bioluminescencji

Stopień porażenia, szybkość oraz zdolność do rozwoju (w przypadku występowania w formie utajonej) stosowanych grzybów można ocenić także na podstawie natężenia bioluminescencji I ($I = \text{impuls} / \text{h} \cdot \text{mm}^2$) odczytanego z obrazów rejestrowanych w technice zliczania pojedynczych fotonów ultraczulą kamerą CCD [1].

Podsumowanie

Mikroorganizmy do wzrostu i rozmnażania się potrzebują odpowiednich warunków wilgotnościowych, ciepłych i pokarmowych. Obecność grzybów i/lub glonów bardzo łatwo rozpoznać, ponieważ fasady mogą przybrać kolor czarny, brązowoszary albo zielony. Obaj przedstawiciele flory nie tylko niszczą estetykę i strukturę elewacji, lecz także wpływają na trwałość obiektu. Z upływem czasu zwiększa się zużycie fasad, a kolonie mikroorganizmów stają się coraz większe. Nowoczesne tynki (np. krzemianowe) zawierają pewną dawkę biocydów, jednakże zabezpieczenie to ma określony czas trwałości, zazwyczaj 5-7 lat. Z biegiem czasu biocydy ulegają wypłukiwaniu, gdyż nie ma mieszanin ani substancji, które byłyby trwale odporne na promieniowanie UV czy wymywanie [2]. Rewitalizacja elewacji wiąże się z wieloma zabiegami, a szczególnie istotne jest zwrócenie uwagi na tok postępowania i dobór odpowiednich rozwiązań, gdy już raz doszło do skażenia powierzchni. Stopień porażenia, szybkość i zdolność do rozwoju mikroorganizmów (w przypadku występowania w formie utajonej) należy zweryfikować przed kompleksowym podejściem do odnowienia elewacji. Jak stwierdzono, z czasem materiały budowlane zmieniają swe pH, co czyni je bardziej podatnymi na szybki atak glonów i zarodników grzybów. Aby rewitalizacja okazała się skuteczna, a elewacja nie uległa błyskawicznej powtórnej degradacji, należy dokładnie przeanalizować zaatakowane powierzchnie.

Abstract. *The article presents the cause of fungal contamination on the facades and the most common methods for the determination of fungi on the surface of the material. In order to analyze the substrate and to obtain full information about the presence of the fungus is advisable to use thin-layer chromatography with a bioluminescence detection. Algae, fungi and mosses during its growth and exhibit bioluminescence induced luminescence light.*

W artykule przedstawiono przyczyny powstawania zmian mikologicznych na elewacjach oraz najczęściej występujące metody oznaczania grzybów pleśniowych na powierzchni materiału. W celu analizy podłoża i uzyskania pełnej informacji o obecności grzyba wskazane jest zastosowanie chromatografii cienkowarstwowej z detekcją bioluminescencyjną. Glony, grzyby i mchy w trakcie swojego wzrostu wykazują bioluminescencję i luminescencję indukowaną światłem.

LITERATURA:

- [1] Horbik D., Biodeterioracja a trwałość elewacji obiektów budowlanych o różnym przeznaczeniu, rozprawa doktorska, Poznań 2013.
- [2] Gaczek M., Fiszler S. XVIII Ogólnopolska konferencja warsztat pracy projektanta konstrukcji, Ustroń, 26 lutego – 1 marca 2003 r.
- [3] Górski Z., Lowińska-Kluge A., Horbik D., Wykorzystanie zjawiska bioluminescencji do określania stopnia porażenia budowli czynnikami biotycznymi, Polskie Stowarzyszenie Mykologów Budownictwa, seria: Monografie, nr 7, Ochrona budynków przed wilgocią, korozją biologiczną i ogniem, tom XI, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011, s. 57-62.
- [4] Gutarowska B., Ergosterol jako wskaźnik zanieczyszczenia grzybami strzępkowymi surowców roślinnych, praca doktorska, Politechnika Łódzka 1999.
- [5] Wotejko E., Matejczyk M., Problem korozji biologicznej w budownictwie, Civil and environmental engineering, 2, 2011.
- [6] <http://www.optolith.pl/advice.php?Itemid=2>.
- [7] <http://www.agrobudownictwo.pl/grzyby-i-glony-na-ocieplonych-fasadach>.

SYSTEMOWE ROZWIĄZANIA KREISEL

Jak wybrać tynk, by uniknąć problemów z porastaniem biologicznym?

Wybór rodzaju systemu ociepleń, tynku cienkowarstwowego lub farby jest trudny i zależy od właściwości techniczno-użytkowych produktu. Przede wszystkim powinniśmy się zdecydować na system, czyli produkty jednego producenta. Następnie musimy sugerować się miejscem, gdzie znajduje się dany budynek.

W aglomeracjach miejskich najbardziej sprawdzają się rozwiązania samooczyszczające się na bazie tynków i farb silikonowych (np. tynk SILIKON PROTECT 031 czy farba NANOTECH 006 firmy KREISEL). Zawarte w tych wyrobach żywice silikonowe, twardejsze, tworzą gęstą sieć, nieprzepuszczalną dla wody opadowej, a otwartą dla pary wodnej zawartej w podłożu, są wysoce hydrofobowe, dzięki czemu mają właściwości samooczyszczające (podczas opadów atmosferycznych wraz z brudem zostają usunięte zarodniki grzybów i glonów). Powierzchnia tych tynków jest w dłuższym czasie sucha niż przy rozwiązaniach akrylowych, co także przekłada się na odporność na porastanie biologiczne.



Fot. arch. Kreisel

Bliskość lasów czy zbiorników wodnych powoduje, że najlepszym wyborem będą tynki o podwyższonym pH (podwyższone pH nie sprzyja rozwojowi mikroorganizmów), bardziej odporne na porastanie biologiczne niż tynki akrylowe – są to np. tynki i farby ze szkłem wodnym czyli silikatowe (SILIKATYNK 020 czy FARBA SILIKATOWA 002 firmy KREISEL), lub ich odmiany silikatowo-silikonowe (SISITYNK 040 firmy KREISEL). W takich miejscach dobrym rozwiązaniem są też tynki silikonowe.

Więcej informacji na www.kreisel.pl