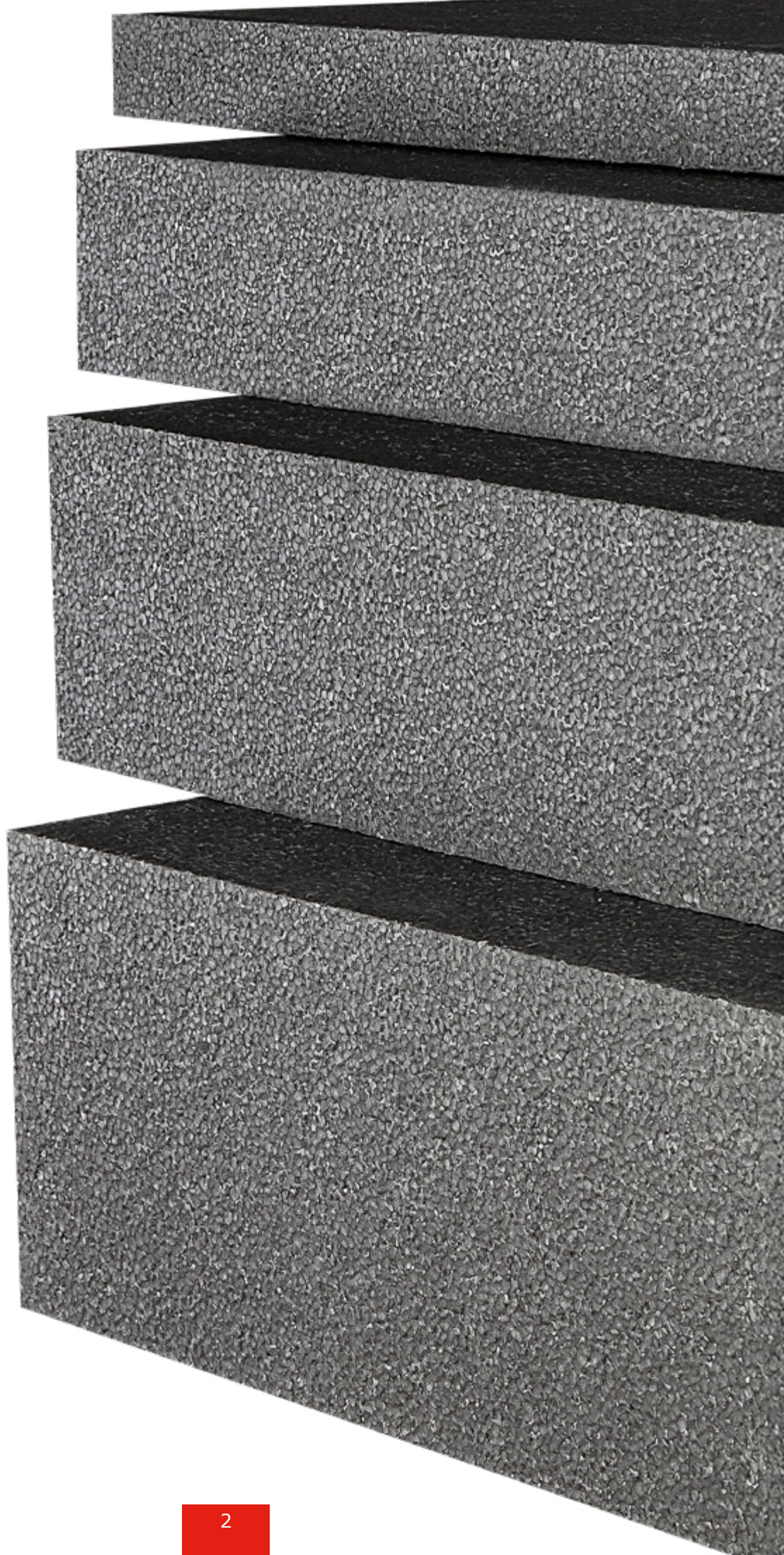




Polskie Stowarzyszenie
Producentów Styropianu

WYTYCZNE STOSOWANIA STYROPIANU GRAFITOWEGO W ETICS

Wydanie 2026



STYROPIAN GRAFITOWY W ETICS

WYTYCZNE TECHNICZNE DOTYCZĄCE PROJEKTOWANIA I WYKONYWANIA SYSTEMÓW ETICS Z ZASTOSOWANIEM STYROPIANU GRAFITOWEGO ORAZ TYNKÓW I FARB O CIEMNEJ KOLORYSTYCE

Wytyczne powstały na podstawie badań i analiz przeprowadzonych w ramach współpracy Polskiego Stowarzyszenia Producentów Styropianu i STEKRA

STEKRA Sp. z o.o.

ul. Okrzei 25, 43-190 Mikołów

tel. +48 32 326 36 95

email: biuro@stekra.pl

- dr hab. inż. Paweł KRAUSE, prof. PŚ

- dr inż. Dominik WOJEWÓDKA

- mgr inż. Łukasz KOSOBUCKI

POLSKIE STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW STYROPIANU

ul. Puławska 145, 02-715 Warszawa

tel. +48 500 183 184

email: biuro@producencistyropianu.pl

Członkowie Grupy Technicznej PPS:

- Marcin FELIKS

- Radosław MARCINIEC

- Kamil KIEJNA

1	WSTĘP	6
	1.1 Przedmiot opracowania	6
	1.2 Cel i zakres opracowania	6
	1.3 Przeznaczenie	
2	STYROPIAN GRAFITOWY W SYSTEMIE ETICS – CHARAKTERYSTYKA, SPECYFIKA, KORZYŚCI	8
	2.1 Charakterystyka i specyfika płyt ze styropianu grafitowego	8
	2.2 Charakterystyka ETICS	9
	2.3 Korzyści wynikające z możliwości zastosowania cieńszej warstwy termoizolacji w ETICS	9
3	BADANIA SYSTEMU ETICS	11
	3.1 Badania w warunkach rzeczywistych i laboratoryjnych	11
	3.2 Kluczowe wnioski z badań	13
4	WYTYCZNE PROJEKTOWANIA I WYKONANIA OCIEPLEŃ ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH W SYSTEMIE ETICS Z ZASTOSOWANIEM STYROPIANU GRAFITOWEGO	15
	4.1 Dobór grubości styropianu grafitowego	15
	4.2 Planowanie i przygotowanie ocieplenia – transport, składowanie, prace przygotowawcze i warunki atmosferyczne	15
	4.3 Przygotowanie podłoża	17
	4.4 Klejenie styropianu	18
	4.5 Wykonanie warstwy zbrojnej	20
	4.6 Wykonanie tynku cienkowarstwowego i kolorystyka elewacji	20
5	WYTYCZNE NAPRAWY SYSTEMU ETICS	24
6	LITERATURA	26

1

WSTĘP

1. WSTĘP

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest styropian grafitowy oraz zasady prawidłowego stosowania tego materiału jako warstwy termoizolacyjnej w złożonych systemach ocieplania ścian zewnętrznych budynków (ETICS).

1.2 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest usystematyzowanie wiedzy, doświadczeń i najlepszych praktyk w zakresie projektowania i wykonywania ociepleń ścian budynków w systemie ETICS z zastosowaniem styropianu grafitowego. Dodatkowo przedstawione zostaną wytyczne, dzięki którym można uniknąć potencjalnych błędów oraz w pełni wykorzystać potencjał tego materiału.

1.3 Przeznaczenie

Opracowanie przeznaczone jest dla uczestników procesów inwestycyjnych (inwestorów, właścicieli i jednostek zarządzających budynkami, projektantów, wykonawców prac ociepleniowych, kierowników budów, inspektorów nadzoru), których elementem są ocieplenia ścian zewnętrznych ETICS. Skierowane jest również do podmiotów związanych z produkcją i dystrybucją styropianów grafitowych oraz systemów ociepleń.

Zakres opracowania:

- charakterystyka i specyfika styropianu grafitowego,
- charakterystyka ETICS,
- analiza korzyści wynikających z możliwości zastosowania cieńszej warstwy termoizolacji w ETICS,
- wybrane wyniki badań i kluczowe wnioski z części badawczej dot. oddziaływania nasłonecznienia i wysokiej temperatury na warstwy ETICS, w tym na styropian grafitowy,
- wytyczne dotyczące projektowania i wykonania ociepleń ścian zewnętrznych w systemie ETICS z zastosowaniem styropianu grafitowego,
- wytyczne naprawy systemu ETICS.



2

STYROPIAN GRAFITOWY W SYSTEMIE ETICS - CHARAKTERYSTYKA, SPECYFIKA, KORZYŚCI

2. STYROPIAN GRAFITOWY W SYSTEMIE ETICS – CHARAKTERYSTYKA, SPECYFIKA, KORZYŚCI

2.1 Charakterystyka i specyfika płyt ze styropianu grafitowego

Styropian grafitowy, nazywany również szarym lub czarnym, pojawił się na rynku w pierwszej dekadzie XXI w. Potoczna nazwa tej odmiany styropianu pochodzi od koloru płyt, a pośrednio od stosowanego dodatku do surowca, z którego jest produkowany. Dostępne na rynku produkty, w zależności od rodzaju i składu tworzywa, mogą mieć barwę od srebrzystej, przez szarą, po grafitową.

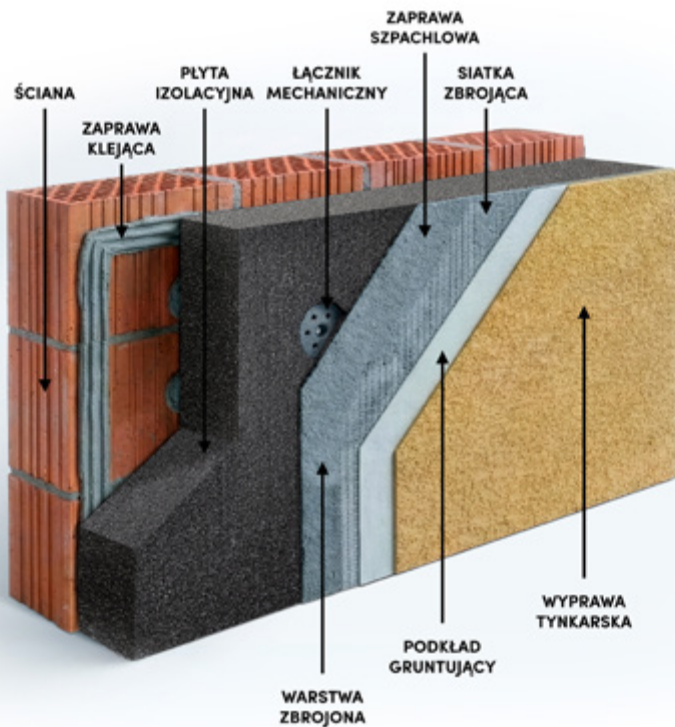
Charakterystyczny kolor styropianu to efekt składu surowca, z którego jest wytwarzany. Na tę grafitową barwę wpływ mają **innowacyjne dodatki atermiczne, pozwalające na poprawę parametrów termoizolacyjnych materiału**. Im właśnie zawdzięcza on niższą wartość współczynnika przewodzenia ciepła λ , wynoszącą nawet 0,031 W/(m·K).

W praktyce, przy ocieplaniu ścian budynków, zastosowanie styropianu grafitowego pozwala na uzyskanie takiego samego efektu termoizolacyjnego przegrody, jak w przypadku wersji białej, przy znacznie mniejszej grubości termoizolacji (nawet o ok. 1/3).

Dodatek atermiczny, któremu styropian grafitowy zawdzięcza swój kolor, w warunkach ekspozycji na promieniowanie słoneczne wpływa na czas nagrzewania się powierzchni termoizolacji i jej maksymalną temperaturę. Ciemna barwa sprzyja bardziej intensywnemu (niż w przypadku białych styropianów) nagrzewaniu się zewnętrznych powierzchni płyt styropianowych w warunkach oddziaływania promieniowania słonecznego. Taka specyfika produktu wymaga zatem działań mających na celu ochronę termoizolacji przed niekorzystnym wpływem czynników środowiska zewnętrznego, zarówno w trakcie składowania na terenie budowy, jak i podczas realizacji robót ociepleniowych.

Na potrzeby opracowania niniejszych wytycznych przeprowadzone zostały badania laboratoryjne w warunkach rzeczywistych i kontrolowanych, w oparciu o symulację oddziaływania promieniowania słonecznego o zróżnicowanym natężeniu. Analiza wyników wykazała, że w przypadku wystawienia na bezpośrednie działanie słońca, powierzchnia grafitowych płyt styropianowych może nagrzewać się do temperatury bliskiej temperaturze utraty sztywności styropianu tj. 80÷90°C.





Schemat ETICS ze styropianem grafitowym
(External Thermal Insulation Composite System)

2.2 Charakterystyka ETICS

ETICS (z ang. External Thermal Insulation Composite System) to złożony system ocieplenia ścian zewnętrznych, polegający na zamocowaniu izolacji termicznej do podłoża, wykonaniu warstwy zbrojonej oraz wykończeniu systemowymi tynkami cienkowarstwowymi, panelami, okładzinami mineralnymi oraz polimerowo-mineralnymi. W przeszłości metoda ta występowała w Polsce pod nazwą BSO (Bezspoinowy System Ociepleń). Zaliczana jest do ociepleń realizowanych w metodzie lekkiej-mokrej.

Ogólne zasady wykonywania ociepleń ETICS z wykorzystaniem płyt styropianowych opisane są w „Warunkach Technicznych Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych” – Część C: Zabezpieczenia i izolacje – Zeszyt 8: Złożone systemy ocieplania ścian zewnętrznych budynków (ETICS) z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej i wypraw tynkarskich [1] wydanych przez Instytut Techniki Budowlanej, „Warunkach Technicznych wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych” opracowanych przez Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń [2] oraz w EAD [3].

Szczegółowe informacje dotyczące wykonywania ociepleń ETICS i stosowania grafitowych płyt styropianowych zawarte są w kartach technicznych lub instrukcjach opracowywanych przez ich producentów oraz systemodawców.

2.3 Korzyści wynikające z możliwości zastosowania cieńszej warstwy termoizolacji w ETICS

Możliwość zaprojektowania i zastosowania cieńszej warstwy termoizolacji z grafitowych płyt styropianowych w ociepleniach budynków metodą ETICS niesie za sobą szereg korzyści:

- **pozwała na zmniejszenie grubości**, a więc także ciężaru ocieplenia ścian zewnętrznych budynków;
- **pozwała na zredukowanie powierzchni ocieplenia** i zmniejszenie zużycia wszystkich składników systemu ETICS (styropianu, siatek zbrojących, wypraw tynkarskich itp.);
- **pozwała na lepsze doświetlenie pomieszczeń światłem słonecznym** (poprzez zmniejszenie grubości warstwy ocieplenia na elewacji), a przez to optymalne wykorzystanie naturalnego światła oraz ciepła generowanego przez promienie słoneczne docierające przez przeszklenia (okna, drzwi balkonowe);
- **umożliwia ocieplenie budynków, w których występują ograniczenia** w stosowaniu zwiększonej grubości warstwy termoizolacyjnej np. z uwagi na bariery architektoniczne (zbyt małe wysunięcie dachu, stolarka okienna głęboko osadzona w ościeżu itd.);
- **umożliwia zapewnienie wyższego oporu cieplnego**, w stosunku do białych płyt styropianowych o tej samej grubości, **przegród budowlanych w ograniczonych przestrzeniach** np. w loggiach, strefach wejściowych, co pozytywnie wpływa na ochronę ciepłą budynków i poprawę komfortu ich użytkowania;
- **pozwała na zastosowanie krótszych łączników mechanicznych** do mocowania styropianu oraz kołków montażowych (np. do obejm rur spustowych);
- **pozwała na ograniczenie szerokości obróbek blacharskich i parapetów**, prowadząc do redukcji kosztów w tym zakresie;
- **pozytywnie wpływa na efekt wizualny budynku** (zwłaszcza w przypadku występowania niewielkich otworów okiennych i przeszkleń, które wyglądają niekorzystnie na tle grubej warstwy ocieplenia);
- **pozwała na zwiększenie powierzchni użytkowej budynku** w sytuacji ograniczeń w powierzchni zabudowy terenu;
- **pozwała na zmniejszenie śladu węglowego budynku.**

3

BADANIA SYSTEMU ETICS

3. BADANIA SYSTEMU ETICS

3.1 Badania w warunkach rzeczywistych i laboratoryjnych

Na proces nagrzewania się elewacji w warunkach oddziaływania promieniowania słonecznego wpływa jej barwa. Jest to związane ze zjawiskiem odbicia/pochłaniania energii fali elektromagnetycznej. Czarny kolor tynku lub farby powoduje największe pochłanianie i najmniejsze odbicie światła. Odwrotny proces obserwowany jest w przypadku materiału wykończonego w kolorze białym.

W warunkach klimatycznych na terenie Polski elewacje budynków mogą zmieniać swoją temperaturę w ciągu roku od ok. -30°C (zima) do ponad 80°C (lato) [4]. Górna granica nagrzewania się powierzchni elewacji uzależniona jest nie tylko od jej kolorystyki (im ciemniejszy kolor tym wyższa od temperatury na powierzchni tynku lub farby), lecz także temperatury powietrza atmosferycznego oraz natężenia promieniowania słonecznego.

Poziom natężenia promieniowania słonecznego padającego na elewację budynku zależy m.in. od:

- orientacji elewacji względem stron świata,
- kąta nachylenia słońca względem linii horyzontu (co uwarunkowane jest szerokością geograficzną, na jakiej zlokalizowany jest budynek oraz porą roku).

Gwałtowna zmiana temperatury, wynikająca z ekspozycji na promieniowanie słoneczne, skutkować może wystąpieniem naprężeń termicznych w warstwie ocieplenia. Jest to związane m.in. ze zjawiskiem zmiany objętości materiałów pod wpływem zmian temperatury (tzw. rozszerzalność cieplna materiałów). Stopień nagrzewania się tynku uzależniony jest od jego koloru (im ciemniejszy tynk, tym wyższa temperatura, do której będzie się on nagrzewał w warunkach bezpośredniego nasłonecznienia). Do określania poziomu jasności tynku wykorzystywany jest najczęściej parametr techniczny określany jako współczynnik HBW (parametr opisywany również jako współczynnik odbicia światła). HBW przyjmuje wartości od 0 do 100 – im wyższa jest jego wartość, tym większą jasność wykazuje dana powierzchnia.

Badania systemu ETICS z zastosowaniem styropianu grafitowego wykonano w warunkach rzeczywistych [5] i laboratoryjnych [6,7]. Wyniki pomiarów maksymalnej temperatury powierzchni nieosłoniętych płyt styropianowych – białych i grafitowych przedstawiono w Tab. 1. Wpływ jasności tynku na jego nagrzewanie się w warunkach nasłonecznienia (Fot.1) przedstawiają dane zamieszczone w Tab. 2

	Maksymalna temperatura pomiarowa t_{MAX} [$^{\circ}\text{C}$]
grafitowy	80-90
biały	35-45

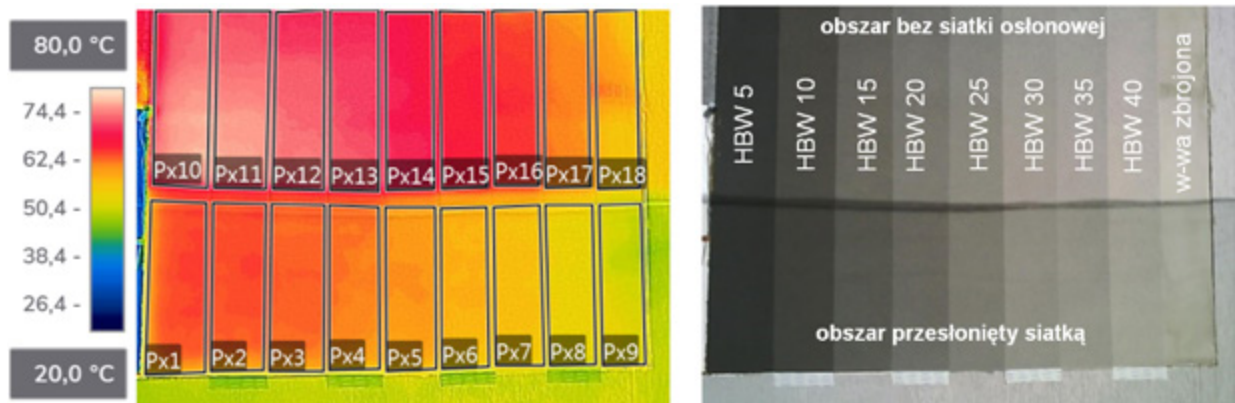
Tab. 1. Maksymalna temperatura zewnętrznej powierzchni nieosłoniętych płyt styropianowych w badaniach eksperymentalnych.

Temperatura zewnętrznej powierzchni ścian na etapie wykonania ocieplenia może zostać obniżona w przypadku zastosowania siatek osłonowych na rusztowaniach. Przeprowadzone badania termowizyjne w warunkach rzeczywistych potwierdziły korzystny wpływ siatki osłonowej na redukcję wartości temperatury powierzchni ściany w warunkach bezpośredniego oddziaływania promieniowania słonecznego. Poziom redukcji temperatury zależny jest od wartości współczynnika HBW tynku elewacyjnego. W badaniach wykazano, że wraz z obniżeniem HBW (im bardziej ciemny tynk) wzrasta różnica temperatury pomiędzy osłoniętym a nieosłoniętym tynkiem. Ponadto na poziom redukcji temperatury wpływa wielkość natężenia promieniowania słonecznego I_s (im wyższa wartość natężenia, tym większy wpływ siatki na zmniejszenie temperatury na powierzchni elewacji) i rodzaj zastosowanej siatki osłonowej. Przykładowy termogram obrazujący rozkład temperatury na powierzchni tynku o zróżnicowanym HBW bez siatki osłonowej i z jej zastosowaniem przedstawiono na Fot. 2. Wybrane wyniki pomiarów zestawiono w Tab.3.

Badania wykonane zarówno w warunkach rzeczywistych jak i laboratoryjnych wykazały korzystny wpływ siatki osłonowej na redukcję maksymalnej temperatury na powierzchni tynków o najniższych HBW – nawet o kilkanaście $^{\circ}\text{C}$.



Fot. 1. Stanowisko laboratoryjne i polowe badań rozkładu temperatury na powierzchni tynków.



Fot. 2. Termogram i zdjęcie ściany z tynkami o zróżnicowanym HBW oraz warstwą zbrojoną - w systemie ETICS z zastosowaniem styropianu grafitowego - dolna część osłonięta siatką, górna część bez osłonięcia siatką [5].

HBW	Maksymalna temperatura pomiarowa t_{MAX} [°C]
5	90
10	89
15	86
20	85
25	83
30	77
40	73
50	71
60	62
70	54
80	51
90	48

Tab. 2. Maksymalna temperatura powierzchni tynków o zróżnicowanym współczynniku HBW w systemie ETICS z zastosowaniem styropianu grafitowego w badaniach wykonanych w warunkach laboratoryjnych.

HBW	Odczyt temperatury maksymalnej na powierzchni próbki t_{MAX} [°C]		Redukcja temperatury t_{MAX} [°C]
	siatka	brak siatki	
5	57	65	8
10	56	64	8
15	56	63	7
20	55	62	7
25	55	61	6
30	53	59	6
35	52	58	6
40	51	56	5

Tab. 3. Przykładowa redukcja temperatury na powierzchni tynku przy zastosowaniu siatki osłonowej na rusztowaniach.

3.2 Kluczowe wnioski z badań

- W celu ograniczenia negatywnego oddziaływania warunków atmosferycznych podczas realizacji robót ociepleniowych **należy stosować siatki osłonowe**. Pozwala to w większości przypadków na obniżenie temperatury na powierzchni ściany i poszczególnych warstw ocieplenia. Poziom redukcji temperatury zależy od rodzaju i struktury siatki osłonowej i może być zróżnicowany w zależności od wartości HBW tynku lub farby oraz wielkości natężenia promieniowania słonecznego.
 - **Wykonanie warstwy zbrojonej zabezpiecza styropian grafitowy i pozytywnie wpływa na obniżenie temperatury powierzchni układu ociepleniowego**. Zaleca się więc jej wykonanie najszybciej jak to możliwe, biorąc jednocześnie pod uwagę uwarunkowania technologiczne.
 - W przypadku ścian o wysokiej ekspozycji na słońce **rekomenduje się zastosowanie tynków i farb o współczynniku HBW nie mniejszym niż 30** oraz stosowanie tzw. cool pigmentów w porozumieniu z producentami powłok wykończeniowych. Zastosowanie tynków cienkowarstwowych lub farb o kolorystyce wykazującej zbyt niską wartość współczynnika HBW (tynki ciemne) w warunkach bezpośredniego oddziaływania promieniowania słonecznego może doprowadzić do wystąpienia na powierzchni elewacji temperatury przekraczającej 80°C (ryzyko osiągnięcia temperatury mięknienia styropianu). W przypadku tynków białych temperatura powierzchni zwyczajowo nie przekracza 40°C.
 - Tynk lub farba charakteryzujące się zbyt niską wartością współczynnika HBW przy jednoczesnej wysokiej ekspozycji elewacji na promieniowanie słoneczne mogą doprowadzić do odkształcenia lub uszkodzenia izolacji termicznej. Badania laboratoryjne wykazały, że dla tynku lub farby o HBW poniżej 20 w skrajnie niekorzystnych warunkach może dochodzić do uszkodzeń, w tym nawet nadtopienia części styropianu grafitowego występującego bezpośrednio pod warstwą zbrojoną.
 - Należy stosować się do pozostałych wytycznych wykonywania prac ETICS zgodnie z [1], [2] i wymaganiami systemodawców.
- Wynikające z badań i obserwacji rekomendacje, dotyczące zasad postępowania z grafitowymi płytami styropianowymi oraz podczas realizacji robót ociepleniowych z ich zastosowaniem w systemie ETICS, opisano w rozdziale następnym. Stosowanie się do tych zaleceń pozwoli na uniknięcie najczęściej popełnianych błędów oraz na pełne wykorzystanie potencjału grafitowych płyt styropianowych w ociepleniach budynków.



4

WYTYCZNE PROJEKTOWANIA I WYKONANIA OCIEPLEŃ ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH W SYSTEMIE ETICS Z ZASTOSOWANIEM STYROPIANU GRAFITOWEGO

4. WYTYCZNE PROJEKTOWANIA I WYKONANIA OCIEPLEŃ ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH W SYSTEMIE ETICS Z ZASTOSOWANIEM STYROPIANU GRAFITOWEGO

Poniżej przedstawiono wytyczne, które mogą być wykorzystane do projektowania i wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych. Ich uwzględnienie, pozwoli uniknąć najczęstszych błędów popełnianych podczas planowania i prowadzenia prac ociepleniowych z zastosowaniem styropianu grafitowego [8-28].

4.1 Dobór grubości styropianu grafitowego

Grubość płyt styropianu grafitowego dobierana na etapie projektowania powinna uwzględniać takie czynniki jak:

- wymagany współczynnik przenikania ciepła U ocieplanej ściany;
- weryfikację wystąpienia kondensacji pary wodnej wewnątrz ściany;
- ocenę ryzyka wystąpienia zagrzybienia na powierzchni wewnętrznej ocieplanej ściany i w miejscach mostków termicznych, poprzez obliczenie współczynnika temperaturowego f_{RSI} ;
- ocenę rozkładu temperatury wewnątrz ściany, w szczególności w przypadku fragmentów elewacji o zmniejszonej grubości styropianu, ze względu m.in. na określenie temperatury w obrębie zaprawy klejącej styropian do podłoża – konieczne do sprawdzenia w przypadku prognozowanego oddziaływania promieniowania słonecznego na powierzchnię elewacji. Jest to szczególnie istotne w przypadku wykonywania tzw. docieplenia na ocieplenie;
- analizę doświetlenia pomieszczeń światłem naturalnym.

4.2 Planowanie i przygotowanie ocieplenia – transport styropianu, składowanie, prace przygotowawcze i warunki atmosferyczne

Analizy i doświadczenia z badań potwierdzają, że błędy i zaniechania popełnione na etapie planowania prac ociepleniowych, w szczególności transportu oraz składowania materiałów termoizolacyjnych, mogą mieć kluczowy wpływ na jakość elementów składowych systemu ETICS, a w konsekwencji na trwałość wykonanego ocieplenia.

Ciemna barwa styropianów grafitowych sprzyja nagrzewaniu się tych wyrobów w warunkach bezpośredniego oddziaływania promieniowania słonecznego. Paczki styropianu grafitowego powinny być dystrybuowane w nietransparentnej folii (np. mlecznej).



Fot. 3. Przykład opakowania styropianu grafitowego.

Z uwagi na odkryte krawędzie płyt, podczas transportu i składowania paczek konieczne jest przestrzeganie przez inwestora czy wykonawcę opisanych poniżej zasad:

- na etapie transportu płyty styropianowe powinny być chronione przed słońcem poprzez **stosowanie nieprzeziernych osłon w jasnych kolorach (np. plandeki)**;
- na etapie składowania płyty ze styropianu grafitowego należy przechowywać w miejscach nienarażonych na bezpośrednie działanie słońca (np. wewnątrz pomieszczenia lub od strony ściany północnej budynku). Alternatywnie pod jasną nieprzeźroczystą plandeką, całkowicie przykrywającą składowany styropian. W przypadku braku takich możliwości na placu budowy należy przewidzieć tymczasową konstrukcję zadaszenia (np. hale tunelowe czy namiotowe, kontenery);



Fot. 4. Prawidłowe składowanie styropianu na placu budowy.

- **planując prace ociepleniowe należy uwzględnić prognozowane warunki pogodowe.** W okresie realizacji prac warunki atmosferyczne powinny być możliwie stabilne. Z uwagi na wymagania procesów wiązania zapraw klejowych prace powinny być prowadzone w zakresach temperatur od ok 5°C do ok 25°C lub wg wskazań systemodawcy;
- w okresie wczesnej wiosny i późnej jesieni mogą występować znaczne dobowe wahania temperatury, szczególnie spadki poniżej 5°C w nocy, które mogą mieć negatywny wpływ na warunki dojrzewania i twardnienia zapraw na bazie cementu, pogarszając w konsekwencji właściwości wybranych elementów systemu ETICS (zaprawa klejąca płyty do podłoża, warstwa zbrojona);

- **podczas wykonywania prac temperatura powietrza zewnętrznego nie powinna przekraczać temperatury wskazanej przez systemodawcę, zazwyczaj ok. 25°C** (również w obrębie zaprawy klejowej mocującej grafitowe płyty styropianowe do ściany). Przy temperaturach przekraczających tę wartość może dojść do wystąpienia nieprawidłowości w zakresie procesu wiązania tworzyw cementowych (zapraw klejowych i warstwy zbrojonej). Aplikacja materiałów wiążących na bazie cementu w warunkach zbyt wysokiej temperatury może z kolei doprowadzić do wystąpienia spadku wytrzymałości mechanicznej oraz tzw. spękań skurczowych;
- **konieczne jest rozpoznanie orientacji geograficznej poszczególnych ścian budynku względem stron świata oraz ich nasłonecznienia.** Nie należy prowadzić prac w okresach maksymalnej ekspozycji elewacji na docierające do niej promieniowanie słoneczne (zaleca się przeniesienie realizacji prac na elewację o najmniejszym nasłonecznieniu bądź prowadzenie ich w godzinach porannych lub późno popołudniowych). Świeżo przyklejony styropian grafitowy nie może być narażony na bezpośrednie oddziaływanie promieniowania słonecznego;
- **na etapie przygotowania prac na rusztowaniach należy zainstalować siatki osłonowe. Zalecane w jasnych barwach (najlepiej białej).** Wskazane jest unikanie siatek o ciemnej barwie. Istotnym parametrem przy doborze siatki osłonowej jest stopień zacielenia, wynikający z zastosowanego ukształtowania splotów oraz wielkości oczek (im mniejszy wymiar oczek, tym lepszy stopień zacielenia przez siatkę). Przeważnie im większy będzie stopień zacielenia przez siatkę, tym wyższą uzyska się redukcję temperatury w obszarze styropianu grafitowego oraz na powierzchni prowadzonych prac mokrych. Sąsiednie arkusze siatki osłonowej powinny być łączone na zakład o szerokości minimum 0,5 m w celu uniknięcia powstawania przerw pomiędzy nimi. Niedopuszczalne są nieszczelności w obrębie połączeń poszczególnych arkuszy siatek lub lokalne ich uszkodzenia, powodujące bezpośrednie oddziaływanie promieniowania słonecznego na powierzchnię ocieplanej ściany. Nie dopuszcza się układania siatek osłonowych bezpośrednio przy powierzchni ściany (np. w celu osłonięcia styropianu przed słońcem). Takie rozwiązanie może spowodować nadmierne wzrost temperatury w przestrzeni pomiędzy

siatką a powierzchnią ocieplenia w warunkach bezpośredniego oddziaływania promieniowania słonecznego (ryzyko wystąpienia nadmiernej temperatury na powierzchni styropianu grafitowego). Z uwagi na dynamikę zmian pogodowych oraz czas realizacji robót budowlanych siatki osłonowe powinny być stosowane niezależnie od występujących warunków zewnętrznych;

- zastosowanie siatek osłonowych zabezpiecza ścianę na każdym etapie wykonywania prac ociepleniowych, w szczególności w trakcie realizacji warstwy zbrojonej i powłoki tynkarskiej. Montaż siatek osłonowych na rusztowaniach musi spełniać wszystkie wymagania BHP oraz nie może ograniczać dostępu i wymiany powietrza w przestrzeni pomiędzy ścianą a rusztowaniem, a także prowadzić do wzrostu temperatury w tejże przestrzeni powyżej 25°C. Należy podkreślić, że użycie siatek osłonowych na rusztowaniu przede wszystkim zabezpiecza przed spadaniem materiałów i narzędzi budowlanych. Dodatkowo zamontowane osłony zabezpieczają rusztowanie i ocieplaną ścianę przed opadami deszczu. Zatem ich użycie jest każdorazowo rekomendowane.

Możliwe skutki błędów

Nieprzestrzeżenie opisanych warunków transportu i przechowywania płyt styropianu grafitowego (płyty składowane luzem lub paczki wystawione na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego) może skutkować miejscowymi nadtopieniami ich powierzchni zewnętrznych oraz deformacjami (trwałe wygięcie). W przypadku wystąpienia trwałych odkształceń płyt ze styropianu grafitowego materiał ten nie powinien zostać wykorzystany w pracach ociepleniowych ścian zewnętrznych.

Skutkami błędów popełnionych na etapie montażu ocieplenia, wynikających z warunków zbyt silnego nasłonecznienia lub przekroczenia dopuszczalnych zakresów temperatur, w szczególności do etapu zakrycia płyt styropianowych warstwą zbrojoną, mogą być:

- deformacje płyt styropianowych na powierzchni ściany (zakrzywienie płyt),
- osłabienie przyczepności zaprawy klejącej ocieplenia do podłoża ściennego (w skrajnych przypadkach może dochodzić nawet do odpadania płyt z powierzchni ściany),

- nadtopienia płyt styropianu grafitowego (zwłaszcza w obrębie spoin, gdzie dochodzi do intensyfikacji nagrzewania się płyt w warunkach bezpośredniego nasłonecznienia).

4.3 Przygotowanie podłoża

Przygotowanie podłoża ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia odpowiedniej przyczepności grafitowych płyt styropianowych.

Zalecenia

- Wykonanie ocieplenia z zastosowaniem wszystkich rodzajów termoizolacji, w tym również styropianu grafitowego, bezwzględnie wymaga oczyszczenia podłoża z kurzu, pyłu, luźnych fragmentów istniejącej powłok i zanieczyszczeń oraz po dokonaniu indywidualnej oceny jego ewentualnego zagruntowania preparatem dobranym do rodzaju podłoża i wykorzystywanego kleju.
- Prace należy wykonać zgodnie z zaleceniami producenta systemu ETICS, zgodnie z wytycznymi WTWiORB ITB [1] oraz Warunkami technicznymi wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych opracowanych przez Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń [2].

Możliwe skutki błędów

Brak lub niewłaściwe przygotowanie podłoża może prowadzić do osłabienia przyczepności zaprawy klejowej, a w skrajnych przypadkach do odpajania ocieplenia.



Fot. 5. Nieprawidłowe przygotowanie podłoża.

4.4 Klejenie płyt

Przeprowadzone badania wskazują, że kluczowym etapem dla prawidłowego przyklejania płyt styropianowych jest moment **wczesnej fazy wiązania zaprawy klejącej** i kontaktu z podłożem (przed wprowadzeniem łączników mechanicznych i przed związaniem kleju). Ponieważ proces ten wymaga możliwie stabilnych warunków atmosferycznych, szczególnie w sytuacji gwałtownie wzrastającego nasłonecznienia, konieczne jest zastosowanie siatek osłonowych i dobór grubości izolacji termicznej wg wcześniejszych zaleceń.

Zalecenia

- **Rozpakowywanie grafitowych płyt styropianowych powinno być prowadzone możliwie w przestrzeni rusztowania osłoniętego siatką ochronną.** W warunkach bezpośredniego nasłonecznienia należy unikać tymczasowego składowania zarówno całych paczek, jak i pojedynczych płyt poza wyznaczoną strefą stałego składowania oraz poza obszarem rusztowania zabezpieczonego osłonami.
- **Niedopuszczalne jest klejenie płyt styropianowych do powierzchni ściany, na którą w sposób bezpośredni oddziałuje promieniowanie słoneczne.**
- Do przyklejania grafitowych płyt styropianowych **zaleca się stosować zaprawy klejowe przewidziane przez producenta danego systemu ocieplenia, np. zaprawy o zwiększonej elastyczności.**
- **Nie należy łączyć różnych materiałów do klejenia warstwy ocieplenia.** Naprzemienne stosowanie zaprawy klejowej oraz kleju poliuretanowego do przyklejania grafitowych płyt styropianowych jest w większości przypadków niedopuszczalne.
- **Należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie obwodowo-punktowego klejenia grafitowych płyt styropianowych.** Zaprawę klejącą należy nanieść na płaszczyznę płyty wzdłuż jej zewnętrznych krawędzi, jednorodnymi pasmami o szerokości 3-6 cm. Dodatkowo na pozostałej powierzchni należy nanieść 3-6 „placków” z zaprawy klejowej o min. średnicy 10-15 cm. Po dociśnięciu płyty do ściany zaprawa klejowa powinna zapewniać efektywne pokrycie płyty klejem na powierzchni nie mniejszej niż min. zalecana przez systemodawcę, zazwyczaj min. 40% pow. płyty. Grubość warstwy klejącej po dociśnięciu płyty do ściany powinna być zgodna z zaleceniami systemodawcy.
- **Dopuszcza się przyklejanie płyt metodą klejenia całopowierzchniowego (na tzw. grzebień).**
- **Niedopuszczalne jest nanoszenie kleju wyłącznie w postaci tzw. „placków” (punktowo).**
- **Należy pamiętać o odpowiednim dociśnięciu płyt termoizolacyjnych do siebie oraz do podłoża.**





Fot. 6. Niewypełnione szczeliny w spoinach ocieplenia z płyt styropianowych (przykład błędu wykonawczego).

- **Należy unikać tworzenia szczelin w spoinach pomiędzy sąsiadującymi płytami styropianu** (Fot. 6). Większe szczeliny powinny zostać uzupełnione paskami styropianu grafitowego, zaś niewielkie należy wypełniać piankami niskoprężnymi zalecanymi przez producenta systemu ocieplenia [2]. Bardzo ważną kwestią jest moment i odpowiednia jakość wykonania tych wypełnień. **Wypełnienia szczelin należy przeprowadzić po stwardnieniu kleju mocującego termoizolację** wg ewentualnych wytycznych systemodawcy. Sposób realizacji tego zadania powinien uniemożliwiać występowanie wolnych przestrzeni pomiędzy płytami styropianowymi.
- **Wypełnianie styków płyt styropianowych zaprawą klejową jest niedopuszczalne** – będzie to generować liniowe mostki termiczne w warstwie ocieplenia.
- **Należy pamiętać o podstawowych zasadach montażu płyt styropianowych: układzie mijankowym (na tzw. „cegiełkę”)** oraz o odpowiednim ułożeniu ich względem krawędzi okien (krawędzie płyt styropianowych nie mogą stanowić przedłużenia krawędzi otworów w ścianach, np. otworów okiennych).
- **Należy realizować prace w warunkach zapewniających właściwe wiązanie zaprawy klejowej** łączącej ocieplenie z podłożem ściennym, a więc z uwzględnieniem odpowiedniej temperatury i wilgotności powietrza i temperatury podłoża (niezależnie od rodzaju stosowanej termoizolacji).
- Pozostałe wymogi, związane z klejeniem i mocowaniem mechanicznym płyt styropianowych, określono w wytycznych [1,2] oraz w instrukcjach producentów systemów ociepleń ETICS.

Możliwe skutki błędów

Skutkiem niezachowania wymaganego reżimu prac na etapie klejenia grafitowych płyt styropianowych do ściany, poza miejscowymi nadtopieniami oraz ich deformacją, spowodowaną bezpośrednim oddziaływaniem promieniowania słonecznego, może być klawiszowanie styropianu, a nawet częściowe lub całkowite jego odpadnięcie od ściany. Innym następstwem zmian geometrii płyt styropianowych może być pojawianie się nowych lub zwiększenie rozwartości istniejących szczelin pomiędzy sąsiadującymi płytami. A skutkiem takiego zjawiska bywa pojawienie się liniowych mostków termicznych w warstwie ocieplenia, wpływających na zwiększenie strat ciepła przez całą ścianę.

Brak prawidłowego rozmieszczenia zaprawy klejowej pod płytami każdego rodzaju termoizolacji, w szczególności brak pasma obwodowego może powodować efekt kliszowania płyt. Wynika to również z podwyższonej wówczas tendencji do odkształceń termicznych, nawet po wykonaniu warstw wierzchnich ocieplenia.

4.5 Wykonanie warstwy zbrojonej

Prawidłowe wykonanie warstwy zbrojonej ma istotne znaczenie dla trwałości systemu ETICS. Warstwa zbrojona stanowi element chroniący dodatkowo styropian grafitowy przed niekorzystnym oddziaływaniem promieniowania słonecznego (mniejsza absorpcja energii promieniowania słonecznego).

Zalecenia

- Przed przystąpieniem do wykonania warstwy zbrojonej należy wyrównać powierzchnię przyklejonych płyt za pomocą dedykowanych do tego narzędzi.
- Temperatura powierzchni zewnętrznej termoizolacji nie powinna wykraczać poza zakres temperatury, w której możliwe jest stosowanie zaprawy klejowej do wykonywania warstwy zbrojonej. Układanie warstwy zbrojonej na podłożu o zbyt wysokiej temperaturze może doprowadzić do bardzo szybkiego odparowania wody z zaprawy klejowej oraz do osłabienia przyczepności międzywarstwowej. Niedopuszczalne jest nakładanie kleju na rozgrzaną powierzchnię płyty styropianu grafitowego.
- Każdorazowo sposób wykonania warstwy zbrojonej ETICS co do grubości, sposobu nałożenia, sposobu zatopienia siatki, wykończenia w miejscach otworów okiennych i drzwiowych powinien być zgodny z zaleceniami producenta systemu.
- Zarabianie zaprawy klejowej i jej układanie na warstwie styropianu należy prowadzić według wytycznych podanych przez producenta (temperatura powietrza, warunki pogodowe, ilość wody potrzebnej do sporządzenia zaprawy).
- Z uwagi na kwestie związane z estetyką i trwałością systemu ocieplenia oraz odpornością ogniową i udarową (np. gradobicia) zaleca się stosowanie górnych granic grubości warstwy zbrojonej, podawanych przez producentów systemów ETICS (np. w Ocenach Technicznych i instrukcjach).

Możliwe skutki błędów

Skutkiem niezachowania wymaganego reżimu prac na etapie wykonania warstwy zbrojonej może być spękanie warstwy zbrojonej i warstw wierzchnich ocieplenia oraz innych uszkodzeń będących następstwem nadmiernych naprężeń termicznych. Wiąże się to bezpośrednio z obniżeniem trwałości całego ocieplenia.

Niezachowanie wymaganej grubości warstwy zbrojonej może ponadto wpływać negatywnie na kwestie związane z estetyką ocieplenia (widoczny obrys płyt styropianowych).



4.6 Wykonanie tynku cienkowarstwowego i kolorystyka elewacji

Istotnym parametrem ocieplenia ETICS już na etapie planowania inwestycji jest kolorystyka tynku cienkowarstwowego lub farby elewacyjnej. Praktyka wykonawcza pokazuje, iż kolor tynku lub farby oprócz wpływu na odbiór estetyczny budynku, ma również istotne znaczenie dla trwałości ocieplenia. Żywotność tynku cienkowarstwowego jest ściśle powiązana z jego kolorystyką. O ile elewacje ciemne bywają atrakcyjne wizualnie dla inwestorów, o tyle mogą w znaczącym stopniu przyczyniać się do skrócenia okresu trwałości warstw wykończeniowych układu ociepleń. Wynika to z fizycznego zjawiska zróżnicowanego nagrzewania się materiałów budowlanych różniących się barwą (a w zasadzie jasnością) w warunkach nasłonecznienia.

Zalecenia

- Przed ułożeniem tynku należy pamiętać o zagruntowaniu warstwy zbrojonej stosownym preparatem gruntującym, o ile przewiduje to producent systemu ociepleń.
- Przed przystąpieniem do nakładania tynku należy rozplanować na elewacjach miejsca przerw technologicznych.
- Nakładanie tynku i/lub farby należy prowadzić w warunkach przewidzianych przez producenta systemu (temperatura powierzchni podłoża, temperatura powietrza, warunki pogodowe).
- Jak pokazują badania, temperatura na powierzchni ściany, przy kolorach tynku lub farby HBW < 30 (ciemna kolorystyka), przy intensywnym nasłonecznieniu i wysokich temperaturach powietrza, potrafi osiągnąć wartość zbliżoną do temperatury mięknienia styropianu. W związku z powyższym **rekomenduje się, aby w ociepleniach ETICS, w szczególności wykonywanych z zastosowaniem płyt ze styropianu grafitowego, unikać tynków cienkowarstwowych lub farby o HBW niższym niż 30**. Wykorzystanie takich tynków można rozważyć wyłącznie na elewacjach wykazujących niską ekspozycję na promieniowanie słoneczne, tj. zorientowanych w kierunku północnym, północno-zachodnim lub północno-wschodnim (odchylenie elewacji od kierunku północnego nie powinno być większe niż 45°).
- Jeżeli przewiduje się kolorystykę fasady budynku w kolorach o HBW poniżej 30, należy upewnić się u systemodawcy, jakie są ograniczenia wyboru takiego rozwiązania. Może to być związane np. z koniecznością zastosowania innego rozwiązania warstwy zbrojonej. Część systemodawców przewiduje możliwość użycia ciemnych kolorów tynku lub farby na większych płaszczyznach elewacji po wprowadzeniu dodatkowych zabezpieczeń pozwalających na przeniesienie większych naprężeń np. wprowadzenie do warstwy zbrojonej siatki z włókna szklanego o większej gramaturze, zatopienie podwójnej warstwy siatki zbrojącej, zastosowanie warstwy zbrojonej o gr. min. 5 mm, wprowadzenie dodatków do receptury tynku lub zwiększenie jego granulacji.
- W przypadku połączeń na elewacji tynków lub farby o skrajnych wartościach HBW (np. tynk biały i ciemny) należy rozważyć zastosowanie dylatacji lub wzmocnienia warstwy zbrojonej zgodnie w wytycznymi systemodawcy.
- W celu obniżenia temperatury na powierzchni tynku rekomenduje się jego barwienie lub zastosowanie farby elewacyjnej z tzw. chłodnymi pigmentami (cool pigment), których użycie może obniżyć absorpcję energii promieniowania słonecznego.



Możliwe skutki błędów

Zaniedbania na etapie realizacji ocieplenia, wynikające z ignorowania wytycznych dot. kolorystyki tynku cienkowarstwowego ociepleń z zastosowaniem płyt ze styropianu grafitowego w systemie ETICS, może wiązać się z szeregiem negatywnych skutków na etapie późniejszego użytkowania budynku. W szczególności niesie to ze sobą ryzyko:

- pojawienia się przebarwień, wykwitów, odprysków, odkształceń i zarysowań tynku spowodowanych znacznym nagrzewaniem się powierzchni ocieplenia,
- wystąpienia uszkodzeń powierzchni płyt ze styropianu pod warstwą tynku,
- obniżenia trwałości warstwy zbrojonej oraz wyprawy tynkarskiej lub farby elewacyjnej,
- przyspieszonego ujawnienia się wad wynikających z błędów i niedokładności wykonawczych.

Wyeksponowanie ciemnych tynków na bezpośrednie oddziaływanie promieniowania słonecznego w fazie schnięcia może doprowadzić do utrwalenia się zmian w ich odcieniach w miejscach wysokiej różnicy ekspozycji na promieniowanie. Może to skutkować np. utrwaleniem się cieni elementów rusztowania na elewacji, psując tym samym jej estetykę. W przypadku połączeń na elewacji tynków o skrajnych wartościach HBW (np. tynk biały i czarny/grafitowy) mogą wystąpić nadmierne naprężenia termiczne prowadzące do zarysowań lub spękań warstwy wykończeniowej ocieplenia.

5

WYTYCZNE NAPRAWY SYSTEMU ETICS

5. WYTYCZNE NAPRAWY SYSTEMU ETICS

W przypadku wystąpienia błędów i nieprawidłowości w wykonanych ociepleniach systemu ETICS należy przyjąć następującą metodologię:

- przeprowadzić diagnostykę systemu ETICS (rekomenduje się Rzeczoznawcę Budowlanego) poprzez badania makroskopowe (oględziny wizualne gołym okiem) oraz badania nieniszczące, a w przypadku konieczności – badania niszczące, polegające na wykonaniu odkrywek układu ocieplenia (ich zakres i wielkość powinny być dostosowane do rodzaju stwierdzonych nieprawidłowości),
- zastosowanie metod naprawczych zgodnych z wytycznymi systemodawcy ETICS,
- wykonanie koniecznych napraw, najlepiej pod nadzorem osoby posiadającej stosowne uprawnienia budowlane i doświadczenie w realizacji prac ociepleniowych ETICS.



6

LITERATURA

6. LITERATURA

- [1] Zamorowska R., Sieczkowski J.: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych – Część C: Zabezpieczenia i izolacje – Zeszyt 8: Złożone systemy ocieplania ścian zewnętrznych budynków (ETICS) z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej i wypraw tynkarskich, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2023 r.
- [2] Warunki techniczne wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS, Wydanie 06/2022, Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń.
- [3] EAD 040083-00-0404, External thermal insulation composite systems (ETICS) with renderings (Złożone systemy izolacji cieplnej (ETICS) z wyprawami tynkarskimi), styczeń 2019.
- [4] Serwatka-Berbeć B.: Techniczne aspekty stosowania ciemnych kolorów w systemach ETICS, Izolacje 5/2019.
- [5] Krause P., Wojewódka D., Kosobucki Ł.: Raport z badań polowych BP 1401/IX/23 – „Badania polowe składowych systemu ETICS z ekspandowanego polistyrenu szarego w warunkach oddziaływania rzeczywistego promieniowania słonecznego”, Mikołów, wrzesień 2023 r.
- [6] Krause P., Wojewódka D., Kosobucki Ł.: Raport z badań laboratoryjnych BL 1401/IV/21-22 – „Badania składowych systemu ETICS z ekspandowanego polistyrenu białego i szarego w warunkach oddziaływania symulowanego promieniowania słonecznego”, Mikołów, kwiecień 2022 r.
- [7] Krause P., Wojewódka D., Kosobucki Ł.: Raport z badań laboratoryjnych BL 1401/VII/23 – „Badania laboratoryjne składowych systemu ETICS z ekspandowanego polistyrenu szarego w warunkach oddziaływania symulowanego promieniowania słonecznego”, Mikołów, lipiec 2023 r.
- [8] Krause P.: Analiza imperfekcji cieplnych systemów ETICS z uwzględnieniem konwekcji wewnątrz ściany. Monografia vol. 890, 2021, Politechnika Śląska, 285 s., ISBN 978-83-7880-762-9.
- [9] Krause P.: Uszkodzenia polistyrenu grafitowego w systemach ociepleń ETICS, „Izolacje” 4/2019.
- [10] Krause P., Wojewódka D., Kożuch K., Kosobucki Ł.: Destrukcja polistyrenu spienionego z dodatkami atermicznymi, Materiały budowlane 2/2019.
- [11] Krause P.: Wpływ natężenia promieniowania słonecznego na rozkład temperatury powierzchni polistyrenu grafitowego, Izolacje 6/2019.
- [12] Amaro B., Saraiva D., de Brito J., Flores-Colen I.: Inspection and diagnosis system of ETICS on walls. *Construction and Building Materials* 47 (2013), p. 1257–1267.
- [13] Frösse F., Oberhaus H., Riedel W.: Ochrona cieplna budynków: systemy izolacji ETICS. Polcen Sp. z o.o., Warszawa 2011.
- [14] Orlik-Koźdoń B., Nowoświat A., Krause P., Ponikiewski T.: A numerical and experimental investigation of temperature field in place of anchors in ETICS system. *Construction Building and Materials* 167 (2018), p. 553–565.
- [15] Rokiel M.: System ETICS – techniczne aspekty stosowania ciemnych kolorów na elewacjach, Izolacje 4/2022.
- [16] Nowoświat A., Miros A., Krause P.: Change in the properties of expanded polystyrene exposed to solar radiation in real aging conditions. *Sustainability*, 2024, vol. 16, nr 17, s.1-11.
- [17] Gaciek P., Krause P.: Mocowanie klejowe izolacji termicznej do podłoża w systemie ETICS - analiza wytycznych, *Przegląd Budowlany*, 2023, nr 9/10, s.33-37.
- [18] Krause P.: Detekcja defektów cieplnych systemu ETICS w warunkach quasi-stacjonarnych, *Materiały Budowlane*, 2022, nr 6, s.31-33.
- [19] Kosobucki Ł., Krause P.: Wybrane problemy realizacji systemów ociepleń ETICS w świetle nowelizacji warunków technicznych. *Inżynier Budownictwa: miesięcznik Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa.*, 2021, nr 3, s.37-40, 42.
- [20] Nowoświat A., Krause P., Miros A.: Properties of expanded graphite polystyrene damaged by the impact of solar radiation, *Journal of Building Engineering*, 2021, vol. 34, s.1-8.
- [21] Krause P.: Badania porównawcze odkształceń styropianu grafitowego i białego, *Izolacje*, 2020, vol. R. 25, nr 3, s.52-53.
- [22] Krause P., Nowoświat A.: Experimental studies involving the impact of solar radiation on the properties of expanded graphite polystyrene, *Energies*, 2020, vol. 13, nr 1, s.1-17.
- [23] Krause P.: Wybrane problemy stosowania styropianu grafitowego w systemach ociepleń ETICS. Innowacyjne i współczesne rozwiązania w budownictwie: Budownictwo ogólne. XXXIV Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk, 5-8 marca 2019 roku / Drobiec Łukasz (red.), 2019, Bielsko-Biała, Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa. Oddział w Bielsku-Białej, s.151-164, ISBN 978-83-953343-3-7.
- [24] Krause P.: Deformacja polistyrenu grafitowego - badania w warunkach laboratoryjnych, *Przegląd Budowlany*, 2019, nr 10, s.95-98.
- [25] Krause P.: Uszkodzenia styropianu grafitowego w systemach ociepleń ETICS, *Izolacje*, 2019, vol. R. 24, nr 4, s.28-32.
- [26] Krause P., Steidl T.: Uszkodzenia i naprawy przegród budowlanych w aspekcie izolacyjności termicznej. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017, 366 s., ISBN 978-83-01-18834-4.
- [27] Gaciek P., Gaczek M., Krause P.: Bond Strength of Adhesive Mortars to Substrates in ETICS—Comparison of Testing Methods. *Materials* 2025, 18(21).
- [28] Gaciek P., Gaczek M., Krause P.: Factors Influencing Adhesive Bonding Efficiency in ETICS Application. *Materials* 2025, 18(17).

STEKRA

Paweł Krause: Profesor Politechniki Śląskiej w Katedrze Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej, Członek Bazy Ekspertów Politechniki Śląskiej w zakresie fizyki budowli i budownictwa ogólnego. Rzeczoznawca budowlany GUNB, uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania w zakresie konstrukcyjno-budowlanym. Wspólnik biura ekspercko-projektowego STEKRA Sp. z o. o. Autor/współautor ponad 1000 ekspertyz i projektów budowlanych oraz kilkuset publikacji naukowych.

Dominik Wojewódka: Absolwent i do roku 2013 wykładowca na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Audytor energetyczny, specjalista z zakresu efektywności energetycznej w budownictwie z blisko 20-letnim doświadczeniem. Autor lub współautor kilkuset audytów energetycznych i opracowań technicznych z zakresu potencjału zmniejszenia energochłonności w budynkach (w tym na potrzeby certyfikacji LEED, BREEAM) oraz licznych publikacji naukowych. Członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych oraz Stowarzyszenia SAPE. Wspólnik biura ekspercko-projektowego STEKRA Sp. z o. o.

Łukasz Kosobucki: Absolwent Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej. Członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych. Autor 6 publikacji naukowych. Pracownik biura ekspercko-projektowego STEKRA Sp. z o.o.



Polskie Stowarzyszenie
Producentów Styropianu

**WYTYCZNE STOSOWANIA
STYROPIANU GRAFITOWEGO
W ETICS**

Wydanie 2026