



BESKIDY



XL OGÓLNOPOLSKIE  
WARSZTATY PRACY PROJEKTANTA KONSTRUKCJI  
WISŁA, 23 ÷ 26 czerwca 2026 r.



KRAKÓW



Sebastian RATAJCZYK\*



## CIENKOWARSTWOWA POWŁOKA RENOWACYJNA O WŁAŚCIWOŚCIACH TERMOREFLEKSYJNYCH - ANALIZA EFEKTÓW EKSPLOATACYJNYCH NA PODSTAWIE 13-LETNIEJ OBSERWACJI ZUŻYCIA GAZU Z KOREKTĄ STOPNIODNIOWĄ

### Streszczenie

Budynki historyczne i obiekty objęte ochroną konserwatorską stanowią grupę, w której zastosowanie klasycznych systemów docieplenia elewacji jest często ograniczone lub niemożliwe. Niniejszy referat przedstawia analizę efektów eksploatacyjnych zastosowania cienkowarstwowej powłoki renowacyjnej o właściwościach termorefleksyjnych (SYSTEM OUTSIDE, SYSTEM INSIDE oraz SYSTEM ROOF) na jednorodnym budynku mieszkalnym w Imielinie. Analiza obejmuje 13-letni szereg rocznego zużycia gazu (2005-2025) z korektą przez stopniodni grzania (HDD) obliczone metodą Eurostat na podstawie danych IMGW. Właściwości użytkowe powłoki potwierdzone są Krajową Deklaracją Właściwości Użytkowych nr 001/SO/2025 oraz badaniem współczynnika TSR według ASTM E903 w akredytowanym laboratorium. Po korekcie stopniodniowej w pierwszym okresie po aplikacji (2013-2019) zanotowano spadek wskaźnika  $\text{m}^3/\text{HDD}$  o 39,9% względem okresu bazowego (2005-2011). W drugim okresie, po ponownej aplikacji w 2020 roku, wskaźnik obniżył się o 64,3%. Szacunkowe zużycie energii do ogrzewania w ostatnim badanym podokresie (2023-2024) wyniosło ok. 49 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Referat omawia metodologię korekty pogodowej, ograniczenia analizy jednoobektowej oraz interpretację współczynnika TSR w kontekście ekwiwalentnego oporu radiacyjnego.

**Słowa kluczowe:** modernizacja energetyczna, powłoka termorefleksyjna, stopniodni grzania, HDD, ASTM E903, TSR, ASTM E1980, obiekty z ograniczeniami konserwatorskimi, analiza eksploatacyjna

\* Inż. - Ecobauter Zachód Sp. z o.o.

## 1. Wstęp

Znaczna część europejskiego zasobu budowlanego - w tym budynki objęte ochroną konserwatorską, historyczne kamienice i obiekty użyteczności publicznej - wymaga modernizacji energetycznej w warunkach, które wykluczają lub istotnie ograniczają zastosowanie klasycznych systemów docieplenia. Warunki konserwatorskie, morfologia fasady, wilgotność muru i ograniczenia budżetowe tworzą klasę obiektów, w której projektant musi szukać rozwiązań alternatywnych.

Rosnąca presja regulacyjna w zakresie efektywności energetycznej budynków - wyrażona m.in. w europejskiej dyrektywie EPBD oraz celach klimatycznych Unii Europejskiej - sprawia, że pytanie o narzędzia dostępne dla tego segmentu staje się pilne. W odpowiedzi na te potrzeby rynek oferuje technologie cienkowarstwowe deklarujące właściwości termiczne przy minimalnej ingerencji w substancję obiektu. Kategoria ta ma jednak problem z wiarygodnością - wiele produktów deklaruje parametry niepotwierdzone w akredytowanych laboratoriach badawczych.

Niniejszy referat przedstawia analizę eksploatacyjną zastosowania cienkowarstwowej powłoki renowacyjnej o właściwościach termorefleksyjnych na obiekcie mieszkalnym w Imielinie. Analiza oparta jest na 13-letnim szeregu danych o rocznym zużyciu gazu z korektą stopniodniową (HDD). Celem referatu jest wykazanie, że ocena efektów takich technologii jest możliwa przy zastosowaniu weryfikowalnej metodologii, a uzyskane wyniki - odpowiednio opatrzone statusem metodycznym - mogą stanowić rzetelny materiał dla projektantów, inwestorów i nadzoru rozważających zastosowanie technologii cienkowarstwowych w obiektach z ograniczeniami.

## 2. Ograniczenia klasycznych metod w obiektach z ograniczeniami

Klasyczne systemy zewnętrznego docieplenia elewacji (ETICS) zakładają aplikację warstwy izolacyjnej o grubości od kilku do kilkunastu centymetrów, której efekt termiczny wynika z oporu cieplnego kondukcyjnego materiału izolacyjnego. W budynkach o standardowej zabudowie metoda ta jest skuteczna i dobrze udokumentowana. W grupie budynków historycznych i obiektów objętych ochroną pojawiają się jednak bariery ograniczające jej stosowanie:

- ochrona konserwatorska wykluczająca zmianę wyglądu elewacji, profilu gzymsu lub geometrii detalu architektonicznego,
- mury masywne o złożonej wilgotności kapilarnej, wymagające zachowania paroprzepuszczalności przegrody - szczelne systemy zewnętrzne mogą zakłócić naturalną gospodarkę wilgocią i prowadzić do degradacji substancji budynku,
- fragmentaryczna własność w budynkach wielorodzinnych, gdzie aplikacja systemu zewnętrznego wymaga zgody wszystkich współwłaścicieli,
- ograniczenia liniowe zabudowy lub ekspozycja na drogi i linie kolejowe, uniemożliwiające prace rusztowaniowe w pełnym zakresie wymaganym przez system ETICS.

W opisanych przypadkach projektant staje przed pytaniem: jakie rozwiązanie jest technicznie możliwe, akceptowalne konserwatorsko i kompatybilne z materiałem historycznej przegrody?

### 3. Wymagania wobec rozwiązania cienkowarstwowego

Jeżeli rozwiązanie cienkowarstwowe ma być rozważane jako narzędzie modernizacji energetycznej obiektów z ograniczeniami, powinno spełniać następujące wymagania techniczne i użytkowe:

- dokumentowalny efekt termiczny - mierzalny parametr potwierdzony badaniem w akredytowanej jednostce badawczej,
- paroprzepuszczalność - zgodność z wymogiem oddychania przegrody historycznej, co wyklucza ryzyko zatrzymania wilgoci w murze,
- hydrofobowość - ochrona powierzchni przed wodą opadową przy zachowaniu dyfuzji pary wodnej,
- bezpieczeństwo pożarowe - klasyfikacja w zakresie nierozprzestrzeniania ognia,
- minimalna ingerencja w geometrię - brak istotnej zmiany grubości przegród i profili architektonicznych,
- trwałość i odporność na promieniowanie UV - zachowanie właściwości w długim horyzoncie eksploatacyjnym,
- deklaracja właściwości użytkowych - dokument potwierdzający parametry zgodnie z obowiązującymi normami technicznymi.

### 4. Charakterystyka technologii ecobauter system outside

#### 4.1. Właściwości użytkowe

SYSTEM OUTSIDE to elastomerowa powłoka fasadowa o właściwościach termorefleksyjnych, produkowana przez Przedsiębiorstwo Przetwórstwa Chemicznego Plastochem w Imielinie. Powłoka aplikowana jest w dwóch warstwach po 250  $\mu\text{m}$  (łącznie 500  $\mu\text{m}$ ), w technologii zbliżonej do malowania elewacji, bez konieczności stosowania specjalistycznych systemów rusztowaniowych.

Właściwości użytkowe produktu potwierdzone są Krajową Deklaracją Właściwości Użytkowych nr 001/SO/2025 oraz badaniami laboratoryjnymi wykonanymi przez Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników w Toruniu, oddział w Gliwicach (nr ref. GL.4120.10.2025). Zestawienie kluczowych parametrów potwierdzonych badaniami przedstawia tabl. 1.

**Tablica 1.** Właściwości użytkowe powłoki SYSTEM OUTSIDE

| Właściwość                                          | Kategoria / klasa                                           | Wartość deklarowana                                | Norma / źródło              |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
| Całkowita refleksyjność słoneczna (TSR)             | -                                                           | 93,18 %                                            | ASTM E903 / GL.4120.10.2025 |
| Przepuszczalność pary wodnej (paroprzepuszczalność) | V2 ( $\leq 150 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ )     | 104,8 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$       | PN-EN 1062-3 / 244 137/2017 |
| Wodoodporność (absorpcja wody)                      | W3 ( $< 0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ ) | 0,02 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ | PN-EN 1062-3                |
| Granulacja ziarna                                   | S1 ( $< 100 \mu\text{m}$ )                                  | 60 $\mu\text{m}$                                   | PN-EN 1062-1:2005           |
| Klasyfikacja ogniowa                                | NRO / B-s1,d0                                               | -                                                  | Badania laboratoryjne       |
| Elastyczność (typ: elastomer)                       | -                                                           | do 300 % wydłużenia                                | Dane techniczne producenta  |

Połączenie wysokiej paroprzepuszczalności (kategoria V2) i niskiej absorpcji wody (kategoria W3) stanowi istotną właściwość w kontekście historycznych murów masywnych: powłoka odprowadza wilgoć z przegrody przez dyfuzję pary wodnej, jednocześnie skutecznie chroniąc ją przed wodą opadową. Jest to warunek kompatybilności technicznej interwencji w budynkach zabytkowych, gdzie szczelne systemy zewnętrzne mogą prowadzić do degradacji substancji muru.

Elastomerowy charakter powłoki, umożliwiający wydłużenie do ok. 600%, zapewnia kompensację mikropęknięć i ruchów podłoża typowych dla starych murów. Skład powłoki może być modyfikowany w zależności od zastosowania - przykładem jest wersja wzbogacona jonami srebra, zastosowana w jednym z obiektów medycznych jako element wymagań higieniczno-sanitarnych.

#### 4.2. Interpretacja efektu termorefleksyjnego - TSR i ekwiwalentny opór radiacyjny

Kluczowym parametrem termicznym powłoki jest całkowita refleksyjność słoneczna (TSR - Total Solar Reflectance), oznaczająca udział odbitej energii promieniowania słonecznego w stosunku do energii padającej. Pomiar wykonano metodą ASTM E903 z użyciem kuli całkującej; wartość deklarowana wynosi 93,18%. Należy odnotować, że pomiary wykonane w innych konfiguracjach laboratoryjnych - z uwagi na różnice w kalibracji kuli całkującej (np. kula zanurzana w ciekłym azocie vs. kula standardowa) - skutkowały wartościami TSR w przedziale 94 - 97%. Wartość deklarowana w Krajowej Deklaracji Właściwości Użytkowych (93,18%) pochodzi z pomiarów w akredytowanym polskim laboratorium i stanowi punkt odniesienia dla dalszej analizy.

Dla wysokich wartości TSR możliwe jest wyrażenie ograniczenia napływu ciepła od promieniowania słonecznego przez zewnętrzną przegrodę jako tzw. ekwiwalentny opór cieplny przy promieniowaniu ( $R_{rad}$ ). Stosowaną metodologią jest ASTM E1980 [10], która definiuje zewnętrzne warunki wymiany ciepła przy powierzchni (konwekcja + radiacja) za pomocą współczynnika  $h_{se}$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]:

$$R_{rad} = \frac{r}{h_{se} \times (1 - r)}$$

gdzie:

$r$  - refleksyjność powierzchni (TSR),

$h_{se}$  - zewnętrzny współczynnik przejmowania ciepła.

Norma ASTM E1980 wyróżnia trzy warunki wiatrowe, dla których przyjmuje się odpowiednio  $h_{se} = 6 W/(m^2 \cdot K)$  (warunki bezwietrzne),  $12 W/(m^2 \cdot K)$  (umiarkowany wiatr) i  $30 W/(m^2 \cdot K)$  (silny wiatr).

Przy zadeklarowanej wartości TSR = 93,18 % i warunkach bezwietrznych ( $h_{se} = 6 W/(m^2 \cdot K)$ ) wartość  $R_{rad}$  wynosi ok.  $2,3 m^2 \cdot K/W$ . Dla wartości TSR z zakresu 94-97 %, obserwowanych w innych konfiguracjach pomiarowych,  $R_{rad}$  przy  $h_{se} = 6 W/(m^2 \cdot K)$  mieści się w przedziale od około 2,6 do ok.  $5,4 m^2 \cdot K/W$ . Przy umiarkowanym wietrze ( $h_{se} = 12 W/(m^2 \cdot K)$ ) wartości te zmniejszają się odpowiednio dwukrotnie.

### 5. Metodologia analizy eksploatacyjnej

#### 5.1. Uzasadnienie korekty pogodowej

Porównanie rocznego zużycia gazu bez uwzględnienia warunków atmosferycznych jest niewystarczające, ponieważ intensywność sezonu grzewczego zmienia się między latami w zależności od temperatury zewnętrznej. W celu uzyskania porównywalnych wyników zastosowano korektę przez stopniodni grzania (HDD - Heating Degree Days).

## 5.2. Metoda obliczenia HDD

Zastosowano metodę Eurostat [1]:

$$HDD = \sum (18^{\circ}C - T_m) \quad \text{dla dni, gdy } T_m \leq 15^{\circ}C$$

gdzie:

$T_m$  - średnia dobową temperaturę powietrza. Dla dni z  $T_m > 15^{\circ}C$  przyjęto  $HDD = 0$ .

## 5.3. Dane meteorologiczne

Ze względu na brak stacji IMGW w Imielinie przyjęto serię obszarową z sąsiednich stacji pomiarowych. Zgodnie z Miejskim Planem Adaptacji do Zmian Klimatu dla Miasta Imielin do roku 2030 [7] dane z Katowic stanowią punkt odniesienia dla warunków termicznych na terenie miasta. W analizie zastosowano następującą serię:

- 2005 - 2015: stacja Katowice-Pyrzowice (dane miesięczne),
- 2016 - 2023: stacja Kraków-Observatorium (dane miesięczne),
- 2024: stacja Pszczyna (dane dobowe IMGW [2]) - rok 2024 obliczono z danych dobowych, co zapewnia wyższy status metodyczny niż poprzednie lata oparte o dane miesięczne.

## 5.4. Przeliczenie gazu na energię

Dane gazowe przeliczono na kWh przyjmując roboczy przelicznik  $10,55 \text{ kWh/m}^3$ . Wartość ta jest założeniem roboczym ze względu na brak rachunkowego współczynnika konwersji dla analizowanego okresu - wyniki wyrażone w  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  należy traktować jako orientacyjne. Główną, metodycznie bardziej odporną metryką analityczną jest  $\text{m}^3/\text{HDD}$  oraz  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{HDD})$ .

## 5.5. Podział na okresy analityczne

Dane podzielono na następujące okresy:

- 2005 - 2011: okres przed aplikacją - baza porównawcza,
- 2012: rok przejściowy - aplikacja wykonana 5 maja 2012 roku; rok nie jest włączany do porównań,
- 2013 - 2019: okres po pierwszej aplikacji, etap 1,
- 2020 - 2024: okres po ponownej aplikacji w 2020 roku, etap 2,
- 2023- 2024: dwa najnowsze lata z pełnymi danymi meteorologicznymi.

# 6. Opis obiektu i zakresu aplikacji

## 6.1. Charakterystyka budynku

Analizowany obiekt to wolnostojący dom jednorodzinny, dwukondygnacyjny, zlokalizowany w Imielinie (województwo śląskie). Budynek pochodzi z około 1920 roku i reprezentuje typową zabudowę jednorodzinną z pierwszej poł. XX wieku na Górnym Śląsku. Ogrzewana powierzchnia użytkowa wynosi  $180 \text{ m}^2$ .

Ściany wykonane są z pustaków ceramicznych (technologia charakterystyczna dla tego okresu budowy); brak zewnętrznej izolacji termicznej. Okna drewniane, dwuszybowe, w wieku ok. 25 lat w momencie przeprowadzania niniejszej analizy. Budynek ogrzewany jest gazem ziemnym - w całym analizowanym okresie gaz był wykorzystywany wyłącznie do celów grzewczych, bez podgrzewania ciepłej wody użytkowej i gotowania. Budynek nie jest wyposażony w klimatyzację.

Dla kontekstu: szacunkowe zużycie energii do ogrzewania przed aplikacją powłoki (2005-2011) wynosiło około 223 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), co jest wartością typową dla nieocieplonych jednorodzinnych budynków mieszkalnych sprzed 1945 roku. Wartości w przedziale 200 - 350 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) są powszechnie spotykane w literaturze audytów energetycznych dla tej klasy obiektów [8]. Dla porównania - wymagania Warunków Technicznych WT 2021 [9] dla nowych budynków jednorodzinnych określają maksymalny wskaźnik EP (energii pierwotnej) na poziomie 70 kWh/(m<sup>2</sup>·rok); przy wskaźniku nakładu dla gazu  $w_i = 1,1$  [9] odpowiada to końcowemu zużyciu energii do ogrzewania ok. 64 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).

## 6.2. Warunki pomiarowe i czynniki ograniczające zakłócenia

W całym analizowanym okresie (2005-2025) nie przeprowadzono wymiany kotła, instalacji grzewczej, grzejników, okien, drzwi ani żadnych innych prac o charakterze energetycznym. Liczba użytkowników pozostała stała, nastawy systemu grzewczego były niezmiennie. Powyższe informacje zostały potwierdzone przez użytkownika budynku i istotnie ograniczają ryzyko wpływu zewnętrznych czynników zakłócających na wyniki analizy.

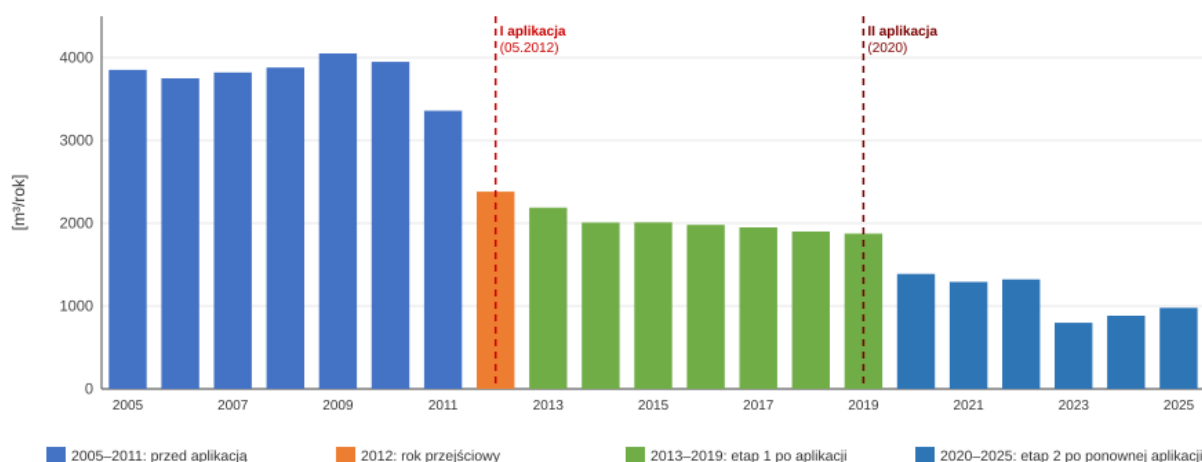
Pierwszą aplikację powłok ECOBAUTER przeprowadzono 5 maja 2012 roku. Na elewacji zewnętrznej zastosowano SYSTEM OUTSIDE, na ścianach wewnętrznych - SYSTEM INSIDE, a na dachu - SYSTEM ROOF. Zastosowano 2 warstwy po 250 µm (łącznie 500 µm). W 2020 roku wykonano ponowną aplikację powłoki SYSTEM OUTSIDE na elewacji zewnętrznej w celu odświeżenia koloru - z tego powodu analizę podzielono na dwa osobne podokresy.

W 2025 roku przez ok. dwa tygodnie temperatura zadana w budynku była utrzymywana na poziomie 24°C zamiast standardowych 21°C. Fakt ten jest uwzględniony jako czynnik korygujący przy interpretacji danych z 2025 roku, które nie zostały włączone do korekty HDD z uwagi na brak danych meteorologicznych za pełny rok 2025 w momencie przeprowadzania analizy.

## 7. Wyniki

### 7.1. Roczne zużycie gazu - obraz nieznormalizowany

Rysunek 1 przedstawia roczne zużycie gazu w m<sup>3</sup> dla całego okresu obserwacji 2005-2025. Wyraźna zmiana poziomu zużycia po roku 2012 (I aplikacja) i ponowna zmiana po roku 2020 (II aplikacja) jest widoczna wizualnie, bez korekty pogodowej. Trend jest jednostronny i monotoniczny w obrębie każdego podokresu.



**Rys. 1.** Roczne zużycie gazu [m<sup>3</sup>/rok], Imielin 2005-2025. Kolory oznaczają okresy analityczne; pionowe linie przerywane - daty aplikacji powłoki.

## 7.2. Wyniki analizy z korektą stopniodniową

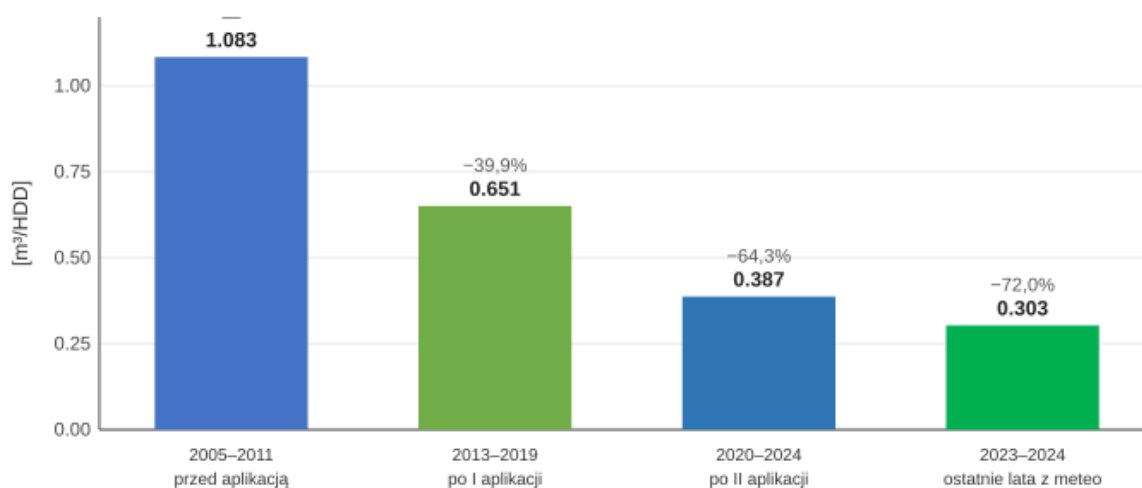
Zestawienie wyników korekty pogodowej dla poszczególnych okresów analitycznych przedstawia tablica 2. Główną metryką porównawczą jest  $\text{m}^3$  gazu na stopniodzień grzania ( $\text{m}^3/\text{HDD}$ ). Kolumna  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  ma charakter orientacyjny i opiera się na roboczym przeliczniku konwersji gazu.

**Tablica 2.** Wyniki analizy zużycia gazu z korektą stopniodniową (HDD) dla obiektu w Imielinie (2005-2024)

| Okres                                  | Śr. gaz<br>[ $\text{m}^3/\text{rok}$ ] | Śr. HDD | Śr.<br>$\text{m}^3/\text{HDD}$ | Zmiana vsm<br>2005 - 11 | Szac.<br>$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})^*$ |
|----------------------------------------|----------------------------------------|---------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| 2005 - 2011<br>przed aplikacją         | 3 808                                  | 3 530   | 1,083                          | - (baza)                | 223                                                   |
| 2013 - 2019<br>etap 1 po I aplikacji   | 1 988                                  | 3 064   | 0,651                          | -39,9%                  | 117                                                   |
| 2020 - 2024<br>etap 2 po II aplikacji  | 1 137                                  | 2 928   | 0,387                          | -64,3%                  | 67                                                    |
| 2013 - 2024<br>cały okres po aplikacji | 1 633                                  | 3 008   | 0,541                          | -50,1%                  | 96                                                    |
| 2023 - 2024<br>najnowsze lata z meteo  | 841                                    | 2 773   | 0,303                          | -72,0%                  | 49                                                    |

\* Wartości  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  obliczone przy założonym przeliczniku  $10,55 \text{ kWh}/\text{m}^3$  gazu (założenie robocze; brak rachunkowego współczynnika konwersji). Wartości zaokrąglone do pełnych kWh.

Rysunek 2 ilustruje zmianę wskaźnika  $\text{m}^3/\text{HDD}$  w kolejnych podokresach. Wykres eliminuje efekt zmiennych warunków pogodowych i bezpośrednio wskazuje efekt aplikacji.



**Rys. 2.** Wskaźnik  $\text{m}^3/\text{HDD}$  według okresów analitycznych. Wartości nad słupkami - poziom wskaźnika; wartości powyżej - zmiana procentowa względem bazy (2005 - 11).

Po korekcie stopniodniowej trend spadku wskaźnika  $\text{m}^3/\text{HDD}$  jest wyraźny i konsekwentny w obu okresach po aplikacji. W pierwszym okresie (2013 - 19) średni wskaźnik  $\text{m}^3/\text{HDD}$  wyniósł 0,651 wobec 1,083 przed aplikacją - redukcja o 39,9%. W drugim okresie (2020-2024), po ponownej aplikacji powłoki, wskaźnik obniżył się do 0,387 - redukcja o 64,3% względem bazy. Korekta pogodowa eliminuje bezpośredni wpływ różnic temperatury między latami, co czyni porównanie bardziej odporne metodycznie niż zestawienie surowych danych o zużyciu gazu.

W przeliczeniu na energię końcową, szacunkowe zużycie do ogrzewania obniżyło się z około 223 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) przed aplikacją do około 67 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) w podokresie 2020 - 24, a w ostatnich 2 latach (2023 - 24) do około 49 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Dla orientacyjnego porównania z wymaganiami WT 2021 [9]: po uwzględnieniu wskaźnika nakładu dla gazu  $w_i = 1,1$  szacunkowy wskaźnik EP dla składowej ogrzewania w podokresie 2023 - 2024 wyniósłby około 54 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) - poniżej wymagania  $EP \leq 70$  kWh/(m<sup>2</sup>·rok) dla nowych budynków jednorodzinnych. Porównanie to ma charakter wyłącznie orientacyjny: wymaganie WT 2021 obejmuje wszystkie składowe EP (ogrzewanie, CWU, wentylacja i inne), nie tylko składową ogrzewania.

Rok 2025 wykazuje zużycie gazu na poziomie 979 m<sup>3</sup> (5,44 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·rok)), co jest zbliżne z wynikami z okresu 2020-2024. Ze względu na brak danych meteorologicznych za pełny rok 2025 oraz odnotowany czynnik zakłócający (podwyższona temperatura zadana przez ok. 2 tygodnie) rok 2025 nie został włączony do korekty HDD.

## 8. Dyskusja ograniczeń

Niniejsza analiza posiada szereg ograniczeń metodologicznych, które należy uwzględnić przy interpretacji wyników.

**Pojedynczy obiekt.** Analiza dotyczy jednego budynku. Wyników nie należy automatycznie przenosić na inne obiekty ani traktować ich jako podstawy do statystycznych uogólnień na temat skuteczności technologii w różnych typach budynków, klimatach i warunkach ekspozycji.

**Roczna agregacja danych.** Dostępne dane gazowe mają charakter roczny, co uniemożliwia przeprowadzenie miesięcznej regresji zużycia względem HDD. Analiza roczna jest metodycznie dopuszczalna, lecz mniej precyzyjna niż analiza miesięczna, która pozwoliłaby oddzielić zużycie stałe od grzewczego.

**Roboczy przelicznik konwersji gazu.** Przelicznik 10,55 kWh/m<sup>3</sup> jest założeniem roboczym ze względu na brak rachunkowego współczynnika konwersji dla analizowanego okresu. Metryki wyrażone w kWh/(m<sup>2</sup>·rok) należy traktować jako orientacyjne.

**Zróżnicowana seria meteorologiczna.** W analizie zastosowano trzy różne stacje pomiarowe dla różnych podokresów (Katowice-Pyrzowice, Kraków-Obserwatorium, Pszczyna). Jest to ograniczenie akceptowalne dla analizy roboczej, lecz wymagające odnotowania. Rok 2024 obliczono z danych dobowych (stacja Pszczyna), co zapewnia mu wyższy status metodyczny niż lata 2005-2023 oparte o dane miesięczne.

**Nieznane inne czynniki.** Pomimo braku identyfikowalnych zmian w obiekcie i instalacji, nie można całkowicie wykluczyć wpływu nieudokumentowanych czynników behawioralnych lub mikroklimatycznych. Analiza opiera się na informacjach potwierdzonych przez użytkownika budynku, co jest standardową praktyką w analizach eksploatacyjnych, lecz nie zastępuje audytu energetycznego z pomiarem.

## 9. WNIOSKI PRAKTYCZNE

Na podstawie przeprowadzonej analizy eksploatacyjnej, z uwzględnieniem opisanych ograniczeń metodologicznych, sformułowano następujące wnioski praktyczne.

**Dla projektanta.** Cienkowarstwowe powłoki renowacyjne o potwierdzonych właściwościach termorefleksyjnych mogą być rozważane jako uzupełniające narzędzie modernizacji energetycznej w obiektach, w których klasyczne systemy docieplenia są wykluczone lub istotnie ograniczone. Ocena zasadności zastosowania powinna uwzględniać

rodzaj przegrody, ekspozycję, warunki wilgotnościowe oraz cele i ograniczenia obiektu. Kluczowym kryterium selekcji produktu jest dostępność potwierdzonych parametrów technicznych z badań w akredytowanych laboratoriach; szczególną uwagę należy zwrócić na paroprzepuszczalność (konieczna w murach historycznych), klasyfikację ogniową oraz sposób deklarowania parametrów termicznych.

**Dla inwestora.** Dostępne dane eksploatacyjne z obiektu w Imielinie wskazują na istotny i trwały spadek jednostkowego zużycia gazu po łącznej aplikacji trzech systemów powłokowych (OUTSIDE, INSIDE, ROOF), widoczny po korekcie pogodowej. Efekt utrzymuje się w horyzoncie 13 lat obserwacji, w dwóch fazach aplikacji, bez wymiany instalacji grzewczej ani innych interwencji energetycznych. Zaleca się planowanie obserwacji wyników przez minimum trzy pełne sezony grzewcze po aplikacji.

**Dla nadzoru i administracji.** Na obiekcie zastosowano łącznie trzy systemy powłokowe ECOBAUTER (OUTSIDE, INSIDE, ROOF); dane techniczne w niniejszym referacie dotyczą SYSTEM OUTSIDE, który posiada Krajową Deklarację Właściwości Użytkowych nr 001/SO/2025, potwierdzone badanie TSR (93,18 %) według ASTM E903 w akredytowanym laboratorium, klasyfikację ogniową NRO/B-s1,d0 oraz certyfikat PZH. Parametry paroprzepuszczalności (V2) i wodoodporności (W3) wskazują na kompatybilność z murami historycznymi. Weryfikacja technologii w obiektach z ograniczeniami konserwatorskimi powinna opierać się na tych dokumentach.

## Literatura

- [1] Eurostat: Energy statistics - cooling and heating degree days.  
[https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg\\_chdd\\_esms.htm](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_chdd_esms.htm)
- [2] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy (IMGW-PIB): Dane pomiarowo-obserwacyjne. <https://dane.imgw.pl/>
- [3] ASTM E903-20: Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres. ASTM International.
- [4] PN-EN 1062-1:2005: Farby i lakiery - Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton - Część 1: Klasyfikacja.
- [5] PN-EN 1062-3: Farby i lakiery - Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton - Część 3: Oznaczanie i klasyfikacja przepuszczalności wody ciekłej.
- [6] Krajowa Deklaracja Właściwości Użytkowych nr 001/SO/2025. Przedsiębiorstwo Przetwórstwa Chemicznego Plastochem, Imielin 2025.
- [7] Miejski Plan Adaptacji do Zmian Klimatu dla Miasta Imielin do roku 2030. BIP Urząd Miasta Imielin.
- [8] STRZESZEWSKI M. i in.: Charakterystyka energet. budynków - wymagania i metodyka obliczania. Wydawnictwo Verlag Dashofer, Warszawa 2021.
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późn. zm. (Dz.U. 2022 poz. 1225).
- [10] ASTM E1980-11(2019): Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces. ASTM International.

