

mgr inż. Sebastian Czernik<sup>1)</sup>  
 dr inż. Marta Marcinek<sup>1)</sup>  
 dr inż. Bartosz Michałowski<sup>1)</sup>  
 ORCID: 0000-0002-3955-2924  
 dr inż. Michał Piasecki<sup>2)</sup>  
 ORCID: 0000-0002-0201-0478  
 dr inż. Justyna Tomaszewska<sup>2)</sup>  
 ORCID: 0000-0002-2037-0768  
 dr inż. Jacek Michałak<sup>1)</sup>  
 ORCID: 0000-0001-7186-6774

# Charakterystyka środowiskowa złożonych zestawów izolacji cieplnej (ETICS) z płytami z ekspandowanego polistyrenu i wełny mineralnej

## *Environmental characteristic of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with expanded polystyrene boards and mineral wool*

DOI: 10.15199/33.2021.03.07

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono oszacowanie oddziaływań i aspektów środowiskowych złożonych zestawów izolacji cieplnej ETICS z warstwą izolacyjną wykonaną z płyt ekspandowanego polistyrenu (EPS) lub wełny mineralnej (MW), pokrytych zaprawą do wykonywania warstwy zbrojonej oraz tynkiem silikonowo-silikatowym. Wskaźniki oddziaływania środowiskowego obliczono, wykorzystując metodę oceny cyklu życia (LCA). Analiza obejmowała moduły od A1 do A3, tj. od wydobycia surowców aż do gotowego wyrobu dostarczonego do bramy fabryki. Porównanie wartości wskaźników charakterystyk środowiskowych dotyczących wyprodukowania ETICS z płytami EPS lub MW wskazuje, że układy z wełną mineralną stanowią większe obciążenie dla środowiska.

**Słowa kluczowe:** złożony zestaw izolacji cieplnej (ETICS); deklaracja środowiskowa III typu (EPD); potencjał globalnego ocieplenia (GWP); analiza cyklu życia (LCA); materiały termoizolacyjne.

**Abstract.** The paper shows the results of the estimation of environmental impacts and aspects of external thermal insulation composite system (ETICS) with expanded polystyrene (EPS) or mineral wool (MW) boards covered with an adhesive for a base coat and silicone-silicate render as the top layer. The environmental impact indicators of the considered systems were calculated using the Life Cycle Assessment (LCA) method. Analysis has covered modules from A1 to A3, i.e., from raw material extraction to the finished product delivered to the factory gate. Comparing the values of the environmental characteristics indicators for the production of ETICS with EPS or MW boards shows that systems with mineral wool constitute a more significant burden on the environment.

**Keywords:** External Thermal Insulation Composite System (ETICS); Environmental Product Declaration (EPD); Global Warming Potential (GWP); Life Cycle Assessment (LCA); thermal insulation materials.

Od lat osiemdziesiątych XX w. istotną rolę w kształtowaniu sposobu myślenia o wzajemnych relacjach pomiędzy społeczeństwem, gospodarką oraz zasobami środowiska naturalnego odgrywa koncepcja zrównoważonego rozwoju. Zakłada ona, iż możliwy jest rozwój zrównoważony, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie [30]. Dostrzegając konieczność intensyfikacji działań zmierzających do skutecznego wdrażania celów zrównoważonego rozwoju, Komisja Europejska (KE) sformułowała w grudniu 2019 r. nową strategię

wzrostu gospodarczego, czyli Europejski Zielony Ład [20]. Zgodnie z jej założeniami w 2050 r. wszystkie kraje UE osiągną zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto oraz nastąpi oddzielenie wzrostu gospodarczego od zużycia zasobów, a także żadna osoba ani region Unii nie pozostaną w tyle.

Budownictwo konsumuje ogromne ilości zasobów naturalnych, generując przy tym znaczną ilość odpadów budowlanych i rozbiórkowych. W Unii Europejskiej budynki odpowiadają za 40% całkowitego zużycia energii, będąc numerem jeden wśród wszystkich konsumentów energii [19] oraz 36% całkowitej emisji CO<sub>2</sub>. Dodatkowo, aż 75% z nich jest nieefektywnych energetycznie [18]. Obecnie w krajach unijnych rocznie poddaje się renowacji jedynie 0,4 – 1,2% budynków [20]. Nie

ma szans, aby modernizując je w takim tempie, do 2050 r. osiągnąć cele postawione przez Komisję Europejską przed krajami członkowskimi. Z analizy zasobów mieszkaniowych 16 krajów UE odpowiadających 66% powierzchni wszystkich unijnych budynków wynika, iż 97% z tych zasobów powinno zostać zmodernizowanych, aby osiągnąć cele neutralności emisji gazów cieplarnianych w 2050 r. [7]. W Polsce budynki zużywają o 63% więcej energii niż średnio w Europie [4]. Znaczące zwiększenie tempa renowacji budynków prywatnych i publicznych jest więc kluczowe do realizacji celów postawionych przez KE.

W 2020 r. Komisja Europejska opublikowała plan, nazwany „strategią na rzecz fali renowacji”, który ma na celu poprawę charakterystyki energetycznej

<sup>1)</sup> Atlas sp. z o.o.

<sup>2)</sup> Instytut Techniki Budowlanej

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji:

jmichalak@atlas.com.pl

budynków [21]. Zakłada on wyremontowanie 35 mln nieefektywnych energetycznie budynków i stworzenie 160 tys. nowych miejsc pracy w budownictwie. Efektywna termomodernizacja budynków jest zagadnieniem złożonym i dotyczy m.in. wymiany bądź modernizacji źródła i systemów rozprowadzania ciepła, wymiany stolarki budowlanej, docieplenia podłóg, stropów oraz ścian zewnętrznych.

Powszechnie stosowaną metodą ocieplania ścian zewnętrznych budynków w krajach UE jest ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*). Sześćdziesiąt lat jego stosowania udowodniło, że ta metoda jest dobrym rozwiązaniem [17, 31]. Warto też odnotować, że instalacja systemu jest względnie szybka oraz przebiega przy użyciu względnie prostych metod, zaś czynniki wpływające na ewentualne pogorszenie właściwości termoizolacyjnych ETICS są znane [23].

ETICS zwiększa efektywność energetyczną nowych budynków i poddawanych renowacji [9]. Bardzo istotne jest, że to rozwiązanie systemowe i tylko jako takie powinno być rozważane [9, 35]. Jak każdy wyrób budowlany w UE, ETICS podlega ocenie i weryfikacji stałości właściwości użytkowych zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 (potocznie zwanego CPR). Zgodnie z tym rozporządzeniem konieczne jest rozpatrywanie obiektów budowlanych kompleksowo, z równoczesnym uwzględnieniem wszystkich wymagań podstawowych, tj.: 1) nośności i stateczności; 2) bezpieczeństwa pożarowego; 3) higieny, zdrowia i środowiska; 4) bezpieczeństwa użytkowania i dostępności obiektów; 5) ochrony przed hałasem; 6) oszczędności energii i izolacyjności cieplnej; 7) zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych [35]. Pierwszych sześć wymagań podstawowych jest powszechnie stosowanych w procesie oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych wyrobów budowlanych przed ich wprowadzeniem na rynek. Wymaganie podstawowe dotyczące zrównoważonego rozwoju jest wciąż nieobecne w obowiązujących wymaganiach. Dotychczas ETICS, podobnie jak inne wyroby budowlane, nie podlegają obowiązkowej ocenie w zakresie oddziaływania na śro-

dowisko [9]. Zgodnie z CPR wymaganie dotyczące zrównoważonego rozwoju stanowi, że obiekty budowlane muszą być zaprojektowane, wykonane i rozbrane w taki sposób, aby wykorzystanie zasobów naturalnych było zrównoważone i zapewniało w szczególności:

- ponowne wykorzystanie lub recykling obiektów budowlanych oraz wchodzących w ich skład materiałów i części po rozbiórze;
- trwałość obiektów budowlanych;
- wykorzystanie w obiektach budowlanych przyjaznych środowisku surowców i materiałów wtórnych [35].

Zgodnie z polityką KE deklaracje środowiskowe wyrobu III typu EPD (ang. *Environmental Product Declaration*) stanowią ważny element/narzędzie wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju. Aktualnie z powodu dobrowolności nie są jednak powszechne i mają ograniczone zastosowanie. Deklaracje środowiskowe wyrobu III typu stosowane są w systemach certyfikacji (także dobrowolnych), takich jak LEED, BREEAM, DGNB, HQE, ÖGNI, TQB i inne [1, 5, 11]. W znacznie mniejszym stopniu wykorzystuje się je w komunikacji business-to-business (B2B) [10]. Wyjątkiem są zielone zamówienia w niektórych krajach Europy, np. Norwegii, Danii i Szwecji. Liczba wydawanych EPD z roku na rok zwiększa się i w styczniu 2020 r. wyniosła ponad 7300 w porównaniu z 370 w sierpniu 2011 r. [2]. Francja z 1901 oraz Niemcy z 1363 wydanymi EPD są światowymi liderami tego rankingu [2]. W Polsce ITB wydał dotychczas 124 deklaracje środowiskowe [16]. W celu właściwego umiejscowienia zagadnień zrównoważonego rozwoju w ocenie wyrobów i ich oznakowaniu CE kluczowa jest harmonizacja wymagań procesu weryfikacji EPD. Bez racjonalizacji różnych podejść do tego procesu nie znikną istniejące niespójności, czy nawet błędy danych w nich zawartych [1, 3, 32, 33].

Pomimo tego, że literatura naukowa dotycząca oceny różnych wyrobów, przez określenie ich charakterystyki wyrażonej zbiorem odpowiednio dobranych wskaźników, odnoszących się do poszczególnych kategorii oddziaływania na środowisko lub cech ekologicznych jest obszerna, to dotychczas na temat od-

działywania środowiskowego ETICS nie ma zbyt wielu publikacji [8, 22, 24 – 29, 34, 36, 37]. Dzieje się tak, choć oddziaływanie środowiskowe materiałów termoizolacyjnych, takich jak wełna mineralna (MW), ekspandowany polistyren (EPS), ekstrudowany polistyren (XPS), poliuretan (PUR) oraz wełna szklana (GW) jest znane [6, 37].

W Polsce podobnie jak w innych krajach europejskich płyty z ekspandowanego polistyrenu (EPS) i wełny mineralnej (MW) są powszechnie stosowanym materiałem termoizolacyjnym w systemach ETICS. W Europie Środkowo-Wschodniej 84% systemów ETICS instalowanych jest z płytami EPS, zaś ok. 12% z płytami z MW [31]. W artykule przedstawiono porównanie oddziaływania środowiskowego systemów ETICS z dwoma materiałami termoizolacyjnymi: płytami z EPS oraz MW.

## Badania

Oszacowania oddziaływań środowiskowych dokonano z wykorzystaniem metody oceny cyklu życia (*Life Cycle Assessment*) w przypadku dwóch złożonych systemów izolacji cieplnej opisanych w Aprobacie Technicznej AT-15-9090/2016 (ETICS z EPS) oraz AT-15-2930/2016 (ETICS z MW) [12, 13]. Opisane w wymienionych AT systemy ocieplenia umożliwiają zastosowanie wielu wariantów rozwiązań materiałowych. Zestaw ETICS składa się z: cementowej zaprawy klejącej do mocowania wyrobu do izolacji cieplnej, wyrobu do izolacji cieplnej, łączników mechanicznych, siatki zbrojącej z włókna szklanego, cementowej zaprawy klejącej do wykonania warstwy zbrojonej, zaprawy tynkarskiej. Na potrzeby tej publikacji analizie poddano wyniki uzyskane w przypadku układu z silikonowo-silikatową wyprawą tynkarską, jako warstwą zewnętrzną. Wyniki obliczeń przedstawionych w deklaracjach środowiskowych wydanych w 2019 r. dotyczą danych z produkcji w 2017 r. w pięciu zakładach zlokalizowanych w Polsce (Bydgoszcz, Dąbrowa Górnicza, Piotrków Trybunalski, Suwałki i Zgierz), w których produkowane są wyroby będące elementami systemów ETICS poddanych ocenie. Deklaracje środowiskowe wyrobu III typu analizo-

wanych systemów ociepleń [14, 15] zostały opracowane zgodnie z normą EN 15804, a ich treść zweryfikowana zgodnie z normą ISO 14025. Cykl życia będący przedmiotem analizy obejmował moduły od A1 do A3, tj. od wydobycia surowców, aż do gotowego produktu dostarczonego do bramy fabryki. Charakterystyka poszczególnych modułów obejmuje wydobycie i przeróbkę surowców, przetwarzanie materiałów wtórnych, w tym procesy recyklingu (moduł A1), transport do producenta (moduł A2) oraz produkcję (A3). Ocena środowiskowa odnosi się do podstawowej jednostki wyrobu, jaką jest 1 m<sup>2</sup> systemu. Oddziaływania i zużycie surowców w przypadku każdego zakładu produkcyjnego i całej produkcji zostały przyporządkowane do reprezentatywnych wyrobów przez zastosowanie zasad alokacji masowej, tj. średnich ważonych masy danych wyrobów. Oddziaływania w poszczególnych lokalizacjach produkcyjnych zostały zinwentaryzowane, przyporządkowane i osobno uwzględnione w obliczeniach. Użyte w analizie dane środowiskowe dotyczące surowców pochodzą z weryfikowanych źródeł danych, takich jak: Ecoinvent; Ullmann's; Plastic-Europe; ITB-Data; Stowarzyszenie Producentów Cementu (SPC), oraz wybranych deklaracji środowiskowych III typu składanych systemów ociepleń ETICS.

## Wyniki badań

W tabeli 1 przedstawiono wartości wskaźników oddziaływania środowiskowego oraz wartości wskaźników aspektów środowiskowych związanych ze zużyciem surowców obliczone dla 1 m<sup>2</sup> ocieplenia wykonanego z użyciem materiałów stanowiących składniki systemu ETICS opisanego w AT-15-9090/2016 (materiał termoizolacyjny – płyty EPS; warstwa wierzchnia – tynki silikonowo-silikatowe), a w tabeli 2 – analogiczne dane dla układu, w którym jako materiał termoizolacyjny zostały zastosowane płyty z MW (system opisany w AT-15-2930/2016).

Na rysunkach 1 ÷ 9 zaprezentowano wartości wskaźników środowiskowych obliczone dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z różnej grubości płytami styropianowymi (EPS) oraz z wełny mineralnej (MW).

**Tabela 1. Charakterystyka środowiskowa 1 m<sup>2</sup> ocieplenia ETICS (wg AT-15-9090/2016). W tabeli uwzględniono układy z izolacją z płyt EPS o grubości 10; 15; 20 i 25 cm oraz wierzchnią warstwę z tynkami silikonowo-silikatowymi**

*Table 1. Environmental characteristics of 1 m<sup>2</sup> ETICS described in the AT-15-9090/2016 with 10; 15; 20 and 25 cm of EPS used as thermal insulation material and silicone-silicate renders as a finishing layer*

Wskaźnik	A1 – A3			
	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
<b>Wskaźnik środowiskowy, 1 m<sup>2</sup></b>				
Potencjał globalnego ocieplenia, GWP [kg CO <sub>2</sub> eq.]	1,05 x 10 <sup>1</sup>	1,29 x 10 <sup>1</sup>	1,52 x 10 <sup>1</sup>	1,75 x 10 <sup>1</sup>
Potencjał uszczuplenia stratosferycznej warstwy ozonowej, ODP [kg CFC 11 eq.]	5,08 x 10 <sup>-5</sup>	5,08 x 10 <sup>-5</sup>	5,08 x 10 <sup>-5</sup>	5,08 x 10 <sup>-5</sup>
Potencjał zakwaszenia gleby i wody, AP [kg SO <sub>2</sub> eq.]	3,44 x 10 <sup>-2</sup>	3,97 x 10 <sup>-2</sup>	4,50 x 10 <sup>-2</sup>	5,03 x 10 <sup>-2</sup>
Potencjał eutrofizacji, EP [kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> eq.]	6,81 x 10 <sup>-3</sup>	7,30 x 10 <sup>-3</sup>	7,79 x 10 <sup>-3</sup>	8,28 x 10 <sup>-3</sup>
Potencjał tworzenia ozonu troposferycznego POCP [kg Ethene eq.]	2,88 x 10 <sup>-3</sup>	3,54 x 10 <sup>-3</sup>	4,19 x 10 <sup>-3</sup>	4,85 x 10 <sup>-3</sup>
Potencjał uszczuplenia zasobów abiotycznych (ADP-pierwiastki) w przypadku zasobów niekopalnych [kg Sb eq.]	2,16 x 10 <sup>-2</sup>	2,16 x 10 <sup>-2</sup>	2,16 x 10 <sup>-2</sup>	2,16 x 10 <sup>-2</sup>
Potencjał uszczuplenia (ADP-paliwa kopalne) w przypadku zasobów kopalnych [MJ]	1,70 x 10 <sup>2</sup>	2,38 x 10 <sup>2</sup>	3,05 x 10 <sup>2</sup>	3,73 x 10 <sup>2</sup>
<b>Aspekty środowiskowe związane z użyciem surowców, 1 m<sup>2</sup></b>				
Całkowite zużycie zasobów odnawialnej energii pierwotnej (energia pierwotna i zasoby energii pierwotnej stosowanej jako surowce, PERT [MJ])	8,11	9,10	1,01 x 10 <sup>1</sup>	1,11 x 10 <sup>1</sup>
Całkowite zużycie zasobów nieodnawialnej energii pierwotnej (energia pierwotna i zasoby energii pierwotnej stosowanej jako surowce), PENRT [MJ]	1,84 x 10 <sup>2</sup>	2,53 x 10 <sup>2</sup>	3,22 x 10 <sup>2</sup>	3,91 x 10 <sup>2</sup>

**Tabela 2. Charakterystyka środowiskowa 1 m<sup>2</sup> ocieplenia ETICS (wg AT-15-2930/2016). W tabeli uwzględniono układy z izolacją z MW o grubości 10; 15; 20 i 25 cm oraz wierzchnią warstwę z tynkami silikonowo-silikatowymi**

*Table 2. Environmental characteristics of 1 m<sup>2</sup> ETICS described in the AT-15-2930/2016 with 10; 15; 20 and 25 cm of MW used as thermal insulation material and silicone-silicate renders as a finishing layer*

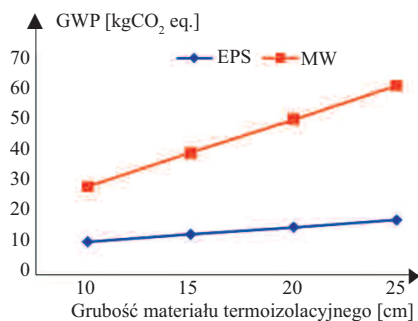
Wskaźnik	A1 – A3			
	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
<b>Wskaźnik środowiskowy, 1 m<sup>2</sup></b>				
Potencjał globalnego ocieplenia, GWP [kg CO <sub>2</sub> eq.]	2,83 x 10 <sup>1</sup>	3,90 x 10 <sup>1</sup>	4,98 x 10 <sup>1</sup>	6,05 x 10 <sup>1</sup>
Potencjał uszczuplenia stratosferycznej warstwy ozonowej, ODP [kg CFC 11 eq.]	9,28 x 10 <sup>-5</sup>	9,32 x 10 <sup>-5</sup>	9,37 x 10 <sup>-5</sup>	9,42 x 10 <sup>-5</sup>
Potencjał zakwaszenia gleby i wody, AP [kg SO <sub>2</sub> eq.]	1,11 x 10 <sup>-1</sup>	1,54 x 10 <sup>-1</sup>	1,96 x 10 <sup>-1</sup>	2,38 x 10 <sup>-1</sup>
Potencjał eutrofizacji, EP [kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> eq.]	4,69 x 10 <sup>-3</sup>	6,16 x 10 <sup>-3</sup>	7,63 x 10 <sup>-3</sup>	9,10 x 10 <sup>-3</sup>
Potencjał tworzenia ozonu troposferycznego POCP [kg Ethene eq.]	1,50 x 10 <sup>2</sup>	1,95 x 10 <sup>2</sup>	2,41 x 10 <sup>2</sup>	2,86 x 10 <sup>2</sup>
Potencjał uszczuplenia zasobów abiotycznych (ADP-pierwiastki) w przypadku zasobów niekopalnych [kg Sb eq.]	1,50 x 10 <sup>-1</sup>	2,13 x 10 <sup>-1</sup>	2,76 x 10 <sup>-1</sup>	3,39 x 10 <sup>-1</sup>
Potencjał uszczuplenia (ADP-paliwa kopalne) w przypadku zasobów kopalnych [MJ]	2,60 x 10 <sup>2</sup>	3,73 x 10 <sup>2</sup>	4,86 x 10 <sup>2</sup>	5,99 x 10 <sup>2</sup>
<b>Aspekty środowiskowe związane z użyciem surowców, 1 m<sup>2</sup></b>				
Całkowite zużycie zasobów odnawialnej energii pierwotnej (energia pierwotna i zasoby energii pierwotnej stosowanej jako surowce, PERT [MJ])	5,67	5,67	5,67	5,67
Całkowite zużycie zasobów nieodnawialnej energii pierwotnej (energia pierwotna i zasoby energii pierwotnej stosowanej jako surowce), PENRT [MJ]	2,86 x 10 <sup>2</sup>	4,10 x 10 <sup>2</sup>	5,34 x 10 <sup>2</sup>	6,58 x 10 <sup>2</sup>

## Wnioski

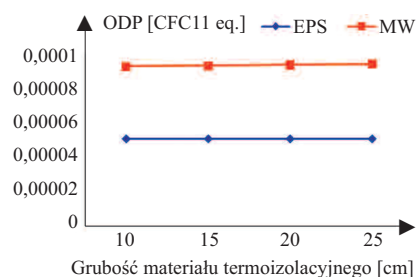
W przypadku ośmiu analizowanych wskaźników (GWP, ODP, AP, POCP, ADP-pierwiastki, ADP-paliwa kopalne, PERT oraz PENRT) oddziaływanie środowiskowe wynikające z produkcji (moduły A1-A3) 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z wełną mineralną (MW), jest większe niż dla analogicznego układu z płytami

EPS. W przypadku całkowitego zużycia zasobów odnawialnej energii pierwotnej (wg wskaźnika PERT energii pierwotnej i zasobów energii pierwotnej stosowanej jako surowce) w przypadku ETICS z płytami EPS obserwuje się większą wartość niż z MW. Jedynie w przypadku potencjału eutrofizacji (EP) obserwuje się, że systemy ETICS

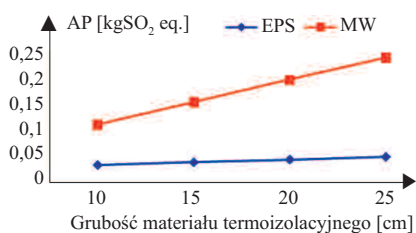




**Rys. 1. Potencjał globalnego ocieplenia (GWP) dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości izolacji**  
Fig. 1. Global warming potential (GWP) for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation

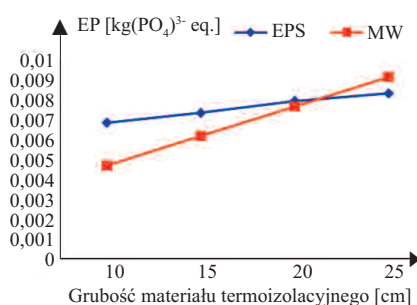


**Rys. 2. Potencjał uszczuplenia stratosferycznej warstwy ozonowej (ODP) dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego**  
Fig. 2. Depletion potential of the stratospheric ozone layer (ODP) for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation material

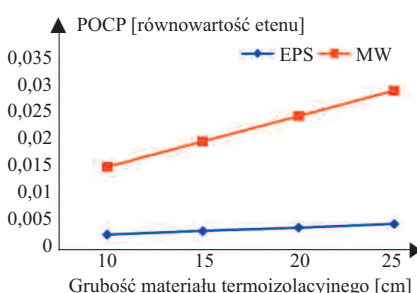


**Rys. 3. Potencjał zakwaszenia gleby i wody (AP) dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego**  
Fig. 3. Acidification potential of soil and water (AP) for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation material

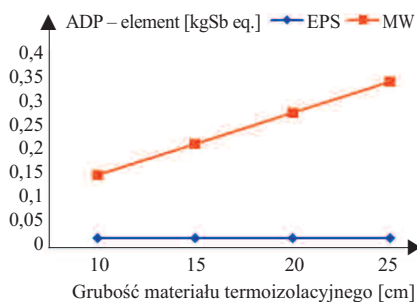
z izolacją EPS o grubości poniżej 21 cm charakteryzują się większym obciążeniem środowiskowym niż systemy z izolacją z MW. W przypadku grubości izolacji większej niż 21 cm wartość wskaźnika EP jest wyższa dla układów z wełną mineralną niż z płytami z ekspandowanego polistyrenu. Obecnie potrzebne jest kompleksowe podejście do oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych wyrobów budowlanych.



**Rys. 4. Potencjał eutrofizacji (EP) dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego**  
Fig. 4. Eutrophication potential (EP) for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation material

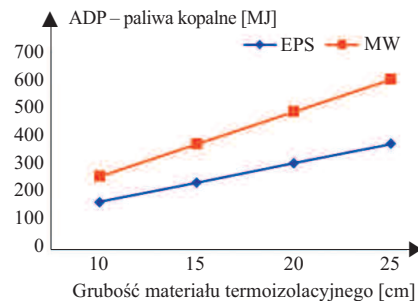


**Rys. 5. Potencjał tworzenia ozonu troposferycznego (POCP) dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego**  
Fig. 5. Formation potential of tropospheric ozone (POCP) for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation material

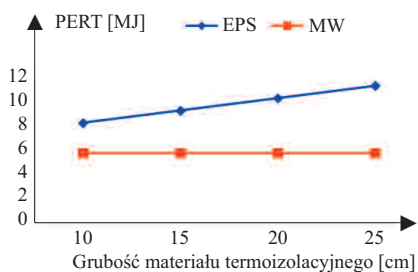


**Rys. 6. Potencjał uszczuplenia zasobów abiotycznych (ADP-pierwiastki) w przypadku zasobów niekopalnych dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego**  
Fig. 6. Abiotic depletion potential (ADP-elements) for non-fossil resources for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation material

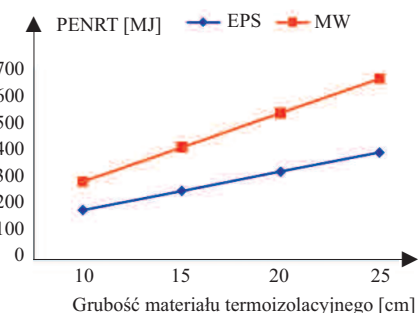
Systemy ETICS odgrywają kluczową rolę w efektywności energetycznej budynków, będąc ważną grupą wyrobów budowlanych. Z roku na rok coraz bardziej istotna jest znajomość nie tylko właściwości wyrobu budowlanego wynikająca z oceny dotyczącej pierwszych sześciu wymagań podstawowych,



**Rys. 7. Potencjał uszczuplenia (ADP-paliwa kopalne) w przypadku zasobów kopalnych dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego**  
Fig. 7. Abiotic depletion potential (ADP-fossil fuels) for fossil resources for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation material



**Rys. 8. Całkowite zużycie zasobów odnawialnej energii pierwotnej (energia pierwotna i zasoby energii pierwotnej stosowanej jako surowce) (PERT) dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego**  
Fig. 8. Total use of renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials) (PERT) for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation material



**Rys. 9. Całkowite zużycie zasobów nieodnawialnej energii pierwotnej (energia pierwotna i zasoby energii pierwotnej stosowanej jako surowce) (PENRT) dla 1 m<sup>2</sup> systemu ETICS z EPS lub MW w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego**  
Fig. 9. Total use of non-renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials) (PENRT) for 1 m<sup>2</sup> ETICS with EPS or MW depending on the thickness of the thermal insulation material

ale także oddziaływania na środowisko. Jest oczywiste, że w przyszłości będzie musiała być obowiązkowa.

## Literatura

- [1] Andersen S. C., H. F. Larsen, L. Raffnsøe, C. Melvang. 2019. „Environmental Product Declarations (EPDs) as a competitive parameter within sustainable buildings and building materials”. w *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 323 (1): 012145. DOI: 10.1088/1755-1315/323/1/012145.
- [2] Anderson Jane. 2020. Construction LCA's 2020 Guide to Environmental Product Declarations. <https://infogram.com/constructionlca-2020-guide-to-epd-1h7g6kgqx9zo4oy?live> (24.10.2020).
- [3] Anderson Jane, Alice Moncaster. 2020. „Embodied carbon of concrete in buildings, Part 1: analysis of published EPD”. *Buildings and Cities* 1 (1): 198 – 217. DOI: 10.5334/bc.59.
- [4] Balaras Constantinos A., Kalliopi Droutsas, Elena Dascalaki, Simon Kontoyiannidis. 2005. „Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings”. *Energy Build.* 37: 429 – 442. DOI: 10.1016/j.enbuild.2004.08.003.
- [5] Bitsiou E., C. Giama. 2020. „Parameters related to building components” life-cycle analysis in methods for buildings” environmental performance assessment”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 410 (1): 012066. IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/410/1/012066.
- [6] Braulio-Gonzalo Marta, Maria D. Bovea. 2017. „Environmental and cost performance of building's envelope insulation materials to reduce energy demand: Thickness optimization”. *Energy and Buildings* 150: 527–545. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.06.005.
- [7] Building Performance Institute Europe. 2017. [http://bpie.eu/wp-content/uploads/2017/12/State-of-the-building-stock-briefing\\_Dic6.pdf](http://bpie.eu/wp-content/uploads/2017/12/State-of-the-building-stock-briefing_Dic6.pdf). (22.10.2020).
- [8] Cirami Simona, Gianpiero Evola, Antonio Gagliano, Giuseppe Margani. 2017. „Thermal and economic analysis of renovation strategies for a historic building in mediterranean area”. *Buildings* 7 (3): 60. DOI: 10.3390/buildings7030060.
- [9] EOTA. 2013. ETAG 004: Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Rendering. <https://www.eota.eu/en-GB/content/etags/26/>. Bruksela.
- [10] Galindro Bruno Menezes, Sebastian Welling, Niki Bey, Stig Irving Olsen, Sebastião Roberto Soares, Sven-Olof Ryding. 2020. „Making use of life cycle assessment and environmental product declarations: A survey with practitioners”. *Journal of Industrial Ecology*. DOI: 10.1111/jiec.13007.
- [11] Gelowitz M. D. C., J. J. McArthur. 2016. „Investigating the effect of environmental product declaration adoption in LEED® on the construction industry: A case study”. *Procedia Engineering* 145: 58 – 65. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.04.014.
- [12] ITB. 2016. Aprobata Techniczna ITB AT-15-0909/2016 „Zestaw wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych budynków systemem Atlas ETICS”. Warszawa. (09.08.2016).
- [13] ITB. 2016. Aprobata Techniczna ITB AT-15-2930/2016 „Zestaw wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych budynków systemem Atlas ETICS Roker”. Warszawa. (09.08.2016).
- [14] ITB. 2019. Deklaracja środowiskowa III typu. „Zestaw wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych budynków systemem Atlas ETICS”. Warszawa. (03.2019).
- [15] ITB. 2019. Deklaracja środowiskowa III typu. „Zestaw wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych budynków systemem Atlas ETICS”. Warszawa. (03.2019).
- [16] ITB. 2020. <https://www.itb.pl/epd.html> (29.10.2020).
- [17] Kienzlen Volker, Hans Erhorn, Helmut Krapmeier, Thomas Lützkendorf, Johannes Werner, Andreas Wagner. 2014. *The significance of thermal insulation Arguments aimed at overcoming misunderstandings*. III wydanie. KEA Climate Protection and Energy Agency of Baden-Württemberg GmbH: Karlsruhe.
- [18] Komisja Europejska. 2018. Informacja prasowa Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_18\\_3374](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_3374). (22.10.2020).
- [19] Komisja Europejska. 2018. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844. [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en). (21.10.2020).
- [20] Komisja Europejska. 2019. Europejski Zielony Ład. Bruksela. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_pl](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pl). (21.10.2020).
- [21] Komisja Europejska. 2020. A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives. Bruksela. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu\\_renovation\\_wave\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_renovation_wave_strategy.pdf). (22.10.2020).
- [22] Kraus Michal, Katařina Žáková, Jaroslav Žák. 2020. „Economic-Environmental and Technological Assessment of ETICS”. *Easy Chair* 3425.
- [23] Lembo Filiberto, Francesco Paolo R. Marino. 2016. „The Pathologies of the ETICS”. w *Recent Developments in Building Diagnosis Techniques*: 37 – 49, Springer, Singapore.
- [24] Librelotto Lisiane Ilha, Marija Kekez, Helena Maria Galha Bártolo. 2020. „The environmental impact of ETICS layer: A case of study with life cycle assessment (LCA) from environmental product declaration (EPD) in Portugal”. *MIX Sustentável* 6(2): 139-148. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.139-148.
- [25] Matos Marta, Liliana Soares, Luis Silva, Pedro Sequeira, Joaquim Carvalho. 2020. „Life Cycle Assessment of an ETICS system composed of a natural insulation material: a case study of a system using an insulation cork board (ICB)”. w *Portugal SB13 contribution of sustainable building to meet EU 20-20-20 targets*. chapter 11, 855-862. [https://www.irb-net.de/daten/iconda/CIB\\_DC26483.pdf](https://www.irb-net.de/daten/iconda/CIB_DC26483.pdf).
- [26] Michalak Jacek, Sebastian Czernik, Marta Marcinek, Bartosz Michałowski. 2020. „Environmental Burdens of External Thermal Insulation Systems. Expanded Polystyrene vs. Mineral Wool: Case Study from Poland”. *Sustainability* 12: 4532. DOI: 10.3390/su12114532.
- [27] Michałowski Bartosz, Marta Marcinek, Justyna Tomaszewska, Sebastian Czernik, Michał Piasecki, Robert Geryło, Jacek Michalak. 2019. „Charakterystyka środowiskowa systemów ETICS w latach 2014 – 2019 (Environmental characteristics of the ETICS systems between 2014 and 2019)”. *Materiały Budowlane* 12: 22–25. DOI: 10.15199/33.2019.12.02.
- [28] Michałowski Bartosz, Marta Marcinek, Justyna Tomaszewska, Sebastian Czernik, Michał Piasecki, Robert Geryło, Jacek Michalak. 2020. „Influence of rendering type on the environmental characteristics of expanded polystyrene-based external thermal insulation composite system”. *Buildings* 10: 47. DOI: 10.3390/buildings10030047.
- [29] Minarovičová Katarina, Dušan Dlhý. 2018. „Environmentally safe system for treatment of bio corrosion of ETICS”. w *MATEC Web of Conferences* 146: 03005. EDP Sciences. DOI: 10.1051/mateconf/201814603005.
- [30] ONZ. 1987. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development. Nowy Jork. <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>. (22.10.2020).
- [31] Pasker Ralf. 2017. „The European ETICS market – Do ETICS sufficiently contribute to meet political objectives?” 4th European ETICS Forum; Warszawa.
- [32] Passer Alexander, Helmut Kreiner, Peter Maydl. 2012. „Assessment of the environmental performance of buildings: A critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings”. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 17(9): 1116 – 1130. DOI: 10.1007/s11367-012-0435-6.
- [33] Passer Alexander, Sebastian Lasvaux, Karen Allacker, Dieter De Lathauwer, Carolin Spirinckx, Bastian Wittstock, Daniel Kellenberger, Florian Gschösser, Johannes Wall, Holger Wallbaum. 2015. „Environmental product declarations entering the building sector: critical reflections based on 5 to 10 years experience in different European countries”. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20 (9): 1199 – 1212. DOI: 10.1007/s11367-015-0926-3.
- [34] Potrč Tajda, Katja Malovrh Rebec, Friderik Knez, Roman Kunič, Andraž Legat. 2016. „Environmental footprint of external thermal insulation composite systems with different insulation types”. *Energy Procedia* 96: 312 – 322. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.154.
- [35] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG. 2011. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L88, 5-43.
- [36] Sattler Stefan, Doris Österreicher. 2019. „Assessment of sustainable construction measures in building refurbishment – life cycle comparison of conventional and multi-active façade systems in a social housing complex”. *Sustainability* 11 (16): 4487. DOI: 10.3390/su11164487.
- [37] Sierra-Pérez Jorge, Jesús Boschmonart-Rives, Xavier Gabarrell. 2016. „Environmental assessment of façade-building systems and thermal insulation materials for different climatic conditions”. *Journal of cleaner production* 113: 102 – 113. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.11.090.

Przyjęto do druku: 22.12.2020 r.