

dr hab. inż. Michał Piasecki<sup>1)\*</sup>

ORCID: 0000-0002-0201-0478

dr inż. Robert Geryło<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0001-5357-9798

# Zagadnienia dekarbonizacji budownictwa w Polsce

## *Decarbonization problems of construction industry in Poland*

DOI: 10.15199/33.2021.12.04

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono sytuację polskiego budownictwa w kontekście polityki klimatycznej oraz wyzwania transformacji gospodarki niskoemisyjnej. Zaprezentowano dane dotyczące emisyjności gospodarki oraz omówiono problemy praktycznego osiągnięcia celów zielonej transformacji. Wskazano też deklaracje środowiskowe wyrobów, jako istotne narzędzie informacji o ich śladzie węglowym.

**Słowa kluczowe:** ślad węglowy; przemysł budowlany; deklaracje środowiskowe; polityka klimatyczna; gospodarka niskoemisyjna.

**Abstract.** The article presents the situation of the Polish construction industry in the context of climate policy and the challenges of low-emission economy transformation. Data on the emissivity of the economy were presented and the problems of achieving the goals of green transformation in practice were discussed. Environmental product declarations were also introduced as an important tool for information on the carbon footprint of products.

**Keywords:** carbon footprint; construction industry; environmental declarations; climate policy; low-emission economy.

W warunkach coraz większego znaczenia niskoemisyjności gospodarki, ocena śladu węglowego wyrobów oraz technologii budowlanych jest ważna i aktualna. Budownictwo jest jednym z podstawowych europejskich sektorów przemysłowych, odpowiadającym za 9% europejskiego PKB i zapewniającym 18 mln miejsc pracy w 3 mln przedsiębiorstwach. Wyroby budowlane Unii Europejskiej to rynek wart ok. 500 mld euro. Europejski Zielony Ład zakłada, że do 2050 r. Unia Europejska osiągnie zerową emisję gazów cieplarnianych. Polska jest sygnatariuszem porozumienia paryskiego oraz ostatnich ustaleń z Glasgow, które nakładają na podpisujących zobowiązanie, aby ok. 2050 r. globalna antropogeniczna emisja gazów cieplarnianych netto osiągnęła poziom zerowy. Osiągnięcie tych celów możliwe będzie dzięki dekarbonizacji wszystkich sektorów gospodarki, co jest dużym wyzwaniem, ponieważ sam proces transformacji wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, ludzkich i technologicznych [1].

### Ślad węglowy Polski na tle świata i Europy

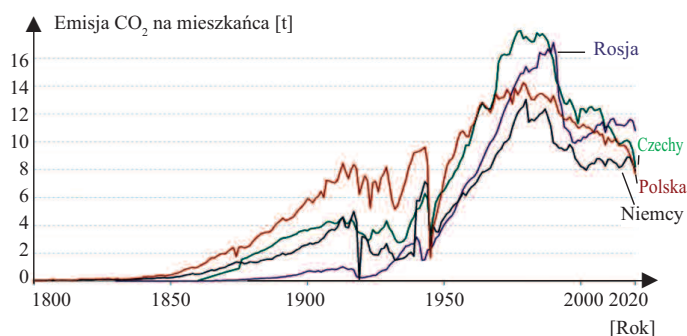
Obecnie budynki odpowiadają za 38% światowej emisji CO<sub>2</sub>, 10% emisji wynika z użycia energii do produkcji materiałów [2] oraz technologii stosowanych w budownictwie, a 28% z eksploatacji budynków i to właśnie ona może stanowić największą przeszkodę w dekarbonizacji budownictwa (ok. 40% emisji pochodzi z budownictwa o niskim standardzie energetycznym). Z danych Global Carbon Project (GCP) [6] wynika, że Polska odpowiada ze emisją ok. 0,85% wszystkich gazów cieplarnianych na świecie.

W 2020 r. krajowa gospodarka wyemitowała ponad 400 mln t dwutlenku węgla [4], co stanowi ok. 9,8% emisji CO<sub>2</sub> w Unii Europejskiej. Natomiast Europa odpowiada za ok. 17% emisji globalnych i jest to trzykrotnie mniej niż Chiny. Największym emitentem dwutlenku węgla w UE są Niemcy, odpowiadające aż za 23% wspólnotowej emisji.

Z danych Eurostatu [7] wynika, że krajowa emisja CO<sub>2</sub> co roku zmniejszała się o 5,7% w porównaniu z 2019 r. Jest to wynik lepszy niż średnia unijna (-4,3%). Polacy wypadli lepiej m.in. od Niemców (-4,6%), Czechów (-2,2%), Francuzów (-2%), Włochów (-2%) czy Węgrów (-1,5%). W 2010 r. emitowaliśmy w Polsce 10,9 t CO<sub>2</sub> na jednego mieszkańca, a w UE było to 9,8 t. W kontekście śladu węglowego na mieszkańca, Polska nie wypada bardzo niekorzystnie na tle Europy przy aktualnej emisji CO<sub>2</sub> wynoszącej ok. 8,2 t. Wartość emisji CO<sub>2</sub> dla Polski (rysunek 1) jest zbliżona do wybranych krajów regionu [6].

Największa emisja CO<sub>2</sub> w Polsce powstaje w związku z produkcją ciepła i elektryczności bazującej na spalaniu paliw konwencjonalnych. Znaczna część emisji w budownictwie pochodzi też z produkcji wyrobów. Dodatkową emisję powoduje sposób, w jaki wznosi się obiekty budowlane i je utylizuje (procesowanie odpadów).

Na rysunku 2 przedstawiono zmianę wartości emisji CO<sub>2</sub> w Polsce w kontekście rodzaju paliwa/przemysłu [6]. Z danych wynika, że zużycie węgla maleje, ale zwiększa się emisja z użycia gazu. W ostatnich latach następuje też zwiększenie produkcji energii z OZE.



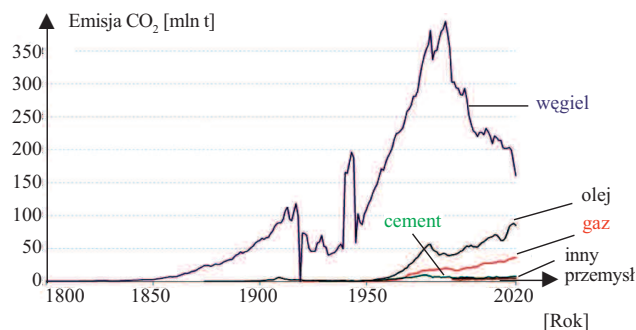
Rys. 1. Zmiana śladu węglowego w czasie na mieszkańca w Polsce i wybranych krajach sąsiedzkich

Our World in Data-Global Carbon Project [1]

Fig. 1. Change in carbon footprint over time per capita in Poland and selected neighboring countries

<sup>1)</sup> Instytut Techniki Budowlanej

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji: m.piasecki@itb.pl



**Rys. 2. Zmiana emisji CO<sub>2</sub> w Polsce w kontekście rodzaju paliwa/przemysłu (Global Carbon Project [6])**

*Fig. 2. Change in CO<sub>2</sub> emissions in Poland in the context of the type of fuel/industry (Global Carbon Project [6])*

Z analiz własnych wynika, że intensywność węglowa produkcji energii w Polsce zmniejszała się w ostatnich latach z gradientem ok. 0,1 kg CO<sub>2</sub>/kWh/r. i aktualnie wynosi ok. 0,27 kg CO<sub>2</sub>/kWh. To samo dotyczy intensywności węglowej produkcji energii elektrycznej przedstawianej w raportach KOBIZE [12], gdzie obecnie emisja CO<sub>2</sub> wynosi 0,75 kg CO<sub>2</sub>/kWh. W efekcie, stopniowa redukcja paliw kopalnych spowoduje, że w przypadku jednego dżula energii wytworzone zostanie o 5% mniej gazów cieplarnianych niż w 2010 r. W UE ilość ta zmniejszyła się średnio o 8% [7], a liderami pod tym względem są kraje skandynawskie, m.in. Finlandia, Dania oraz Szwecja (spadek o 26 – 23%).

Zgodnie z wynikami Narodowego Spisu Powszechnego [8] w Polsce było ponad 5,5 mln zamieszkałych budynków, z czego ok. 5 mln stanowiły budynki jednorodzinne, a 535 tys. – wielorodzinne. Szacunki podawane w publikacjach Instytutu Ekonomii Środowiska [10 – 11] wskazują, że ok. 70% budynków jednorodzinnych wymaga podjęcia działań termomodernizacyjnych, a w przypadku budynków wielorodzinnych jest to prawie 40% [5]. W ostatnich latach, dzięki funkcjonowaniu różnych instrumentów wsparcia, odnotowano postęp, jeżeli chodzi o skalę termomodernizacji. Niestety, budynki poddawane są termomodernizacji w bardzo różnym stopniu: od kompleksowej, obejmującej ocieplenie wszystkich przegród zewnętrznych budynku, modernizację systemu ogrzewania, przygotowania ciepłej wody użytkowej, po pojedyncze działania [8]. Jednocześnie, mimo że istnieją możliwości techniczne, praktycznie nie modernizuje się budynków do poziomu niemal zerowego zużycia energii, który w Polsce w przypadku nowych budynków jest wymagany od 31 grudnia 2020 r., zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r., poz. 1065).

## Mapa drogowa dekarbonizacji budownictwa i wyzwania

Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego PLGBC, we współpracy z Europejskim Bankiem Odbudowy i Rozwoju (EBOiR), opracowało raport *Zerowy ślad węglowy. Mapa drogowa dekarbonizacji budownictwa do 2050 r.* [19]. Głównym celem raportu jest wskazanie ścieżki dekarboniza-

cji polskiego budownictwa prowadzącej do osiągnięcia neutralności klimatycznej oraz ma on stanowić kompendium wiedzy i przewodnik do planowania i opracowania strategii przez dziewięć wyodrębnionych grup interesariuszy. Jest to potrzebny dokument, ale widoczne są w nim ryzyka zakładanych celów oraz rozdźwięk pomiędzy dość optymistycznym „myśleniem życzeniowym” a rzeczywistą możliwością osiągnięcia celu, jakim są „budynki o zerowym śladzie węglowym” w wymiarze techniczno-praktycznym. Uzyskanie 50% redukcji śladu węglowego w przypadku budynków przy wykorzystaniu OZE jest możliwe, ale dla bardzo wielu producentów wyrobów budowlanych wydaje się trudne do osiągnięcia do 2040 r.

Zgodnie z raportem [19], celem do 2025 r. dla administracji ma być „stworzenie regulacji prawnych niezbędnych do osiągnięcia zerowego śladu węglowego netto w budynkach w perspektywie do roku 2050”. To też może być trudne do realizacji, dlatego też uważamy, że najważniejszym celem na kilka kolejnych lat powinno być wytworzenie praktycznej relacji biznes/środowisko vs administracja w kontekście wywołania pogłębionej dyskusji dotyczącej śladu węglowego budownictwa. Zgodnie z raportem [19] celem ma być też „Stworzenie i rozwijanie narzędzi niezbędnych do osiągnięcia zerowego śladu węglowego netto w budynkach”. W naszej ocenie można mówić na razie o zmniejszeniu emisji (np. wymiana instalacji grzewczych), a nie o osiągnięciu zerowego śladu węglowego w budynkach. W kontekście użytkowego śladu węglowego (zużycie energii) wierzymy, że istnieje możliwość przejścia na energię odnawialną o niskim śladzie węglowym, ale nie o zerowym czy ujemnym. W przypadku materiałów budowlanych jest to trudne do realizacji w skali masowej [2, 13, 14], gdyż ich produkcja jest zawsze karbon dodatnia. Ślad węglowy najlepszej stali ekologicznej ze Skandynawii (piece elektryczne działające na OZE), to ok. 0,5 kg CO<sub>2</sub>/kg wyrobu, aluminium (przy wysokim stopniu recyklingu) 3 – 5 kg CO<sub>2</sub>/kg, cementu – 0,5 kg CO<sub>2</sub>/kg, izolacji termicznych 0,5 – 1 kg CO<sub>2</sub>/kg. Być może należałoby zmienić sformułowanie „budynków o zerowym śladzie węglowym” na „niemal zerowęglowe” podobnie jak to ma miejsce w przypadku oceny budynku dotyczącej zużycia energii (budynki niemal zeroenergetyczne). Nierealistyczne jest też postulowanie osiągnięcia zerowego operacyjnego śladu węglowego w istniejących budynkach zajmowanych przez władze publiczne i będących ich własnością. Zmiana sposobu ogrzewania takich budynków wymaga milionowych inwestycji, które nie będą opłacalne. Do 2030 r. nie zmieni się też istotnie „mieszany energetyczny” Polski.

## Węgiel wbudowany a węgiel emitowany

Zakłada się, w 2050 r. wszystkie budynki powinny mieć zerowy lub ujemny ślad węglowy. W kontekście energii użytkowej można to sobie wyobrazić, ale już nie w przypadku energii wbudowanej. Potencjalnie jest to możliwe jedynie przez zwiększenie wykorzystania roślin i drewna o minusowym śladzie węglowym w fazie wyrobu (surowce, transport i produkcja). Przypuszczalnie też powstaną nowe technologie, ale ich masowy udział w rynku wymaga czasu i akceptacji użytkowników (np. wyroby na bazie odpadów). Każdy

proces związany z wykorzystaniem energii (spalanie, obróbka cieplna) uwalnia jednak CO<sub>2</sub>. Oznaczałoby to całkowite przejście na energię odnawialną w przemyśle w ciągu 40 lat oraz odejście od tworzyw sztucznych, cementu/betonu i stali. Wydaje się, że jest to cel zbyt ambitny. Obecnie procesy wychwytywania czy składowania CO<sub>2</sub> są ekonomicznie nieopłacalne.

Prawo budowlane określa podstawowe wymagania dotyczące obiektów budowlanych, zgodnie z europejskim rozporządzeniem nr 305/2011 [21]. Stanowią one m.in., że obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby podczas ich budowy, użytkowania i rozbiórki, nie wywierały, w ciągu całego cyklu ich życia, nadmiernego wpływu na jakość środowiska i na klimat. Jak wynika z zapisu, obiekty budowlane muszą być również energooszczędne, czyli zużywać jak najmniej energii podczas budowy i rozbiórki oraz utrzymać na niskim poziomie ilość energii wymaganej do ich użytkowania. Obecnie w praktyce stosuje się metody określania śladu węglowego w cyklu życia wyrobów i obiektów budowlanych, które można podzielić na odnoszące się do emisji wbudowanej oraz emisji ze spalania paliw (użytkowanie budynku). Ważne jest wskazanie norm ISO i CEN służących do obliczania śladu węglowego [15, 16]. Tylko w przypadku posługiwania się znormalizowanymi metodami obliczeniowymi możliwy jest wspólny język do analiz i porównań. Ślad węglowy powinien być obliczany w całym cyklu życia nie tylko w fazie wyrobu. Dysponujemy obecnie ustandaryzowaną przez CEN, ISO i PKN i uregulowaną, stosowaną w praktyce, metodą określania niskoemisyjności wyrobów do wykorzystania w ocenie obiektów budowlanych. Istotnym zagadnieniem pozostaje dostępność do

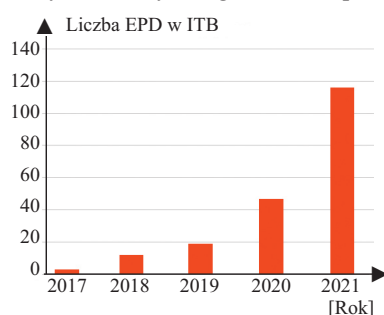
wiarygodnych i dokładnych danych do określania śladu węglowego. Do niedawna liczba wiarygodnych deklaracji na rynku była niewielka [17, 20]. W odniesieniu do wyrobów budowlanych pozytywnym zjawiskiem jest dynamicznie zwiększająca się liczba zweryfikowanych deklaracji środowiskowych III typu (EPD) wyrobów budowlanych (rysunek 3), zawierająca ślad węglowy wyrobów.

Deklaracje środowiskowe wyrobów zdefiniowane zostały w serii norm ISO 140xx. Są one narzędziem wspierającym wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju, zgodnie z polityką klimatyczną Komisji Europejskiej. Deklaracje środowiskowe III typu są tworzone zgodnie z wymaganiami ISO 14025 *Etykiety i deklaracje środowiskowe – Deklaracje środowiskowe typu III – Zasady i procedury*. Z punktu widzenia ujednoczenia sposobu deklarowania właściwości środowiskowych wyrobów budowlanych, kluczowa jest norma

EN 15804 *Zrównoważoność obiektów budowlanych – Deklaracje środowiskowe wyrobów – Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych*” [3], która określa metody analizy oraz zbiór wskaźników, posiadających podstawy naukowe do opisywania wybranych efektów środowiskowych, umożliwiając weryfikację spełnienia przepisów krajów UE. Norma [3] odnosi się do oceny środowiskowej wyrobów budowlanych w pełnym cyklu życia oraz doprecyzowuje zasady wykonywania analizy cyklu życia (LCA), która jest zasadniczym elementem deklaracji środowiskowej III typu. Podstawową rolą EPD jest zapewnienie podstaw do oceny wyrobów budowlanych, elementów i budynków pod kątem ich wpływu na środowisko, a także identyfikacja oddziaływań, które mają mały wpływ na środowisko oraz umożliwienie porównywania wyrobów. Deklaracje środowiskowe III typu stanowią także składowy element oceny środowiskowej budynków zgodnie z normą EN 15978 [15 ÷ 17]. Wskaźniki środowiskowe zawarte w EPD opisują wybrane efekty środowiskowe, a wśród nich m.in. potencjał globalnego ocieplenia wyrażony w kilogramach ekwiwalentu dwutlenku węgla (ekw. kg CO<sub>2</sub>). Norma EN 15804 jest też zgodna z ISO 14067 *Gazy cieplarniane – Ślad węglowy wyrobów – Wymagania i wytyczne dotyczące kwantyfikacji*. Deklaracje środowiskowe są niezbędne do zapewnienia możliwości porównania ich charakterystyki środowiskowej przez nabywców, świadomego wyboru korzystniejszych rozwiązań, budowy przewagi konkurencyjnej przez producentów, umożliwienia właściwego projektowania obiektów budowlanych z uwzględnieniem całkowitej przewidywanej emisyjności w cyklu życia, w szczególności przy użyciu BIM. W większości przypadków charakteryzują emisyjność etapów wytworzenia i przewidywanego zakończenia życia wyrobów. Pomimo możliwości uwzględnienia w deklaracjach EPD danych odnoszących się do etapu użytkowania, na ogół nie zawierają one informacji dotyczących tego etapu ze względu na trudność sformułowania referencyjnych scenariuszy ich zastosowania.

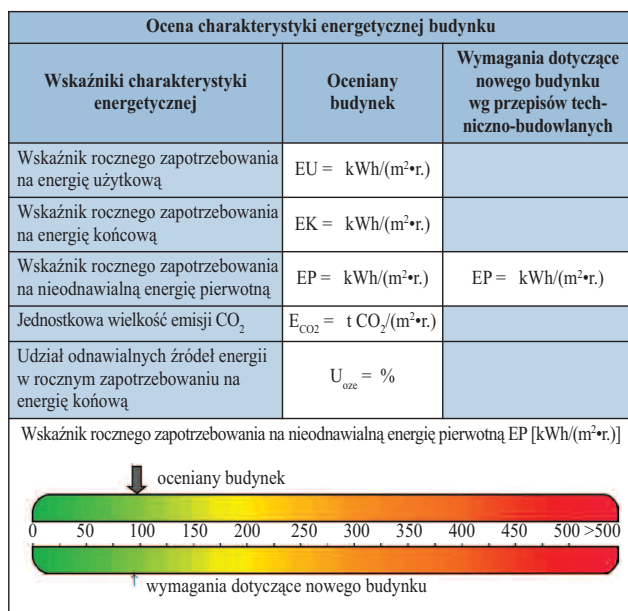
Emisyjność eksploatacyjna budynków jest już częścią obowiązującego zakresu projektowania nowych i renowacji użytkowanych budynków [18]. Informację o jednostkowej emisji określa się w ich charakterystyce energetycznej i podaje w świadectwie charakterystyki energetycznej opracowywanym zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z 27 lutego 2015 r., w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. z 2015 r. poz. 376 ze zm.) – rysunek 4.

Należy podkreślić, że do niedawna energia wbudowana stanowiła 10 – 20% całkowitej energii cyklu życia budynków. W przypadku współczesnych obiektów, o niemal zerowej charakterystyce energetycznej, udział ten wynosi do 50% (lub więcej) i analogicznie kształtuje się udział w śladzie węglowym w cyklu życia. Niestety, w przypadku użytkowanych budynków faktyczna emisyjność eksploatacyjna na ogół nie jest znana. Metoda określania charakterystyki energetycznej na podstawie faktycznego wykorzystania energii w użytkowanym budynku, praktycznie



**Rys. 3. Liczba wydanych w Polsce przez ITB w latach 2017 – 2021 zweryfikowanych deklaracji środowiskowych EPD dotyczących wyrobów budowlanych [9]**

*Fig. 3. Number of verified environmental declarations EPDs issued in Poland by ITB in 2017 – 2021 for the specific construction products [9]*



**Rys. 4. Wzór charakterystyki energetycznej budynku z obowiązkowym elementem dotyczącym rocznej jednostkowej emisji  $\text{CO}_2$**   
*Fig. 4. View for the energy performance certificate of a building with an obligatory element for the total of the annual  $\text{CO}_2$  emission*

nie jest stosowana i na ogół używa się metody obliczeniowej. Unikanie oceny faktycznego wykorzystania energii może prowadzić do niekorzystnego przeszacowywania emisyjności użytkowanych budynków, a w związku z tym negatywnych konsekwencji dla ich użytkowników i niesłusznie gorszego obrazu całkowitej emisyjności krajowych zasobów.

## Wnioski

Wskazane jest kontynuowanie i intensyfikacja programów wspierania ograniczenia zapotrzebowania na energię i zwiększenia udziału energii ze źródeł odnawialnych – termoizolacyjność, odzysk ciepła, wykorzystanie wiatru, energii słonecznej i pomp ciepła, a w przyszłości potencjalnie możliwe zastosowanie w budynkach źródeł wodorowych. Najbardziej racjonalny gospodarczo i użyteczny społecznie element postulatów Zielonego Ładu, to tzw. głęboka termomodernizacja.

W związku z tym, że rozwijające się budownictwo będzie zużywać dużą ilość materiałów, należy promować rozwój technologii i rozwiązań materiałowych redukujących zapotrzebowanie na surowce pierwotne (3R) i charakteryzujące się małą energią wbudowaną oraz małym śladem węglowym. Przyjętym przez rynek i skutecznie harmonizującym rozwiązaniem są deklaracje środowiskowe. Dzięki pozyskaniem z nich danym można oczekiwać rozwoju projektowania budynków niskoemisyjnych w całym cyklu ich życia. BIM bazujący na takich danych pozwoli projektantom na łatwe i precyzyjne uwzględnianie ograniczenia śladu węglowego obiektów budowlanych.

Proces transformacji i dekarbonizacji budownictwa wymaga jeszcze głębszego dialogu w celu koordynacji działań i przedstawienia realistycznych zadań [1]. Należałoby już teraz opraco-

wać definicję wyrobów i budynków „niemal zeroemisyjnych” podobnie jak to ma miejsce w przypadku oceny budynku dotyczącej zużycia energii (budynki niemal zeroenergetyczne) i odejść od obecnej koncepcji budynków i wyrobów zeroemisyjnych.

## Literatura

- [1] Czarnecki Lech, Jan Deja. Zrównoważone budownictwo; w poszukiwaniu przemiany prometejskiej, materiały konferencyjne, Dni Betonu 2021.
- [2] Czernik S., M. Marcinek, B. Michałowski, M. Piasecki, J. Tomaszewska, J. Michalak. 2020. „Environmental Footprint of Cementitious Adhesives – Components of ETICS”. *Sustainability*, 12, 8998.
- [3] EN 15804:2012 Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category, Europejski Komitet Normalizacyjny CEN, Bruksela, 2012.
- [4] GUS. Raport pt. Polska na drodze zrównoważonego rozwoju, 2020.
- [5] GUS, Raport pt. Opracowanie metodologii i przeprowadzenie badania skali działań termomodernizacyjnych budynków mieszkalnych wielomieszkalniowych, 2018.
- [6] <https://www.globalcarbonproject.org/>.
- [7] <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu>.
- [8] <https://spis.gov.pl/>.
- [9] <https://www.itb.pl/epd.html>.
- [10] Instytutu Ekonomii Środowiska, Raport pt. Efektywność energetyczna w Polsce. Przegląd 2013.
- [11] Instytut Ekonomii Środowiska, Raport pt. Stan techniczny budynków jednorodzinnych w Polsce. Potrzeby remontowe. 2017.
- [12] KOBIZE. Raport pt. Wskaźniki emisyjności  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2019 r.
- [13] Michalak J., S. Czernik, M. Marcinek, B. Michałowski. 2020. „Environmental burdens of External Thermal Insulation Systems. Expanded Polystyrene vs. Mineral Wool: Case Study from Poland”. *Sustainability*, 12, 4532.
- [14] Passer A., S. Lasvaux, K. Allacker, D. De Lathauwer, C. W. B. Spierinckx, D. Kellenberger, F. Gschösser, J. Wall, H. Wallbaum. 2015. „Environmental product declarations entering the building sector: critical reflections based on 5 to 10 years experience in different European countries”. *Int. J Life Cycle Assess.* 1199-1212. DOI 10.1007/s11367-015-0926-3.
- [15] Piasecki M. 2017. „Zrównoważone budownictwo w pracach normalizacyjnych CEN i ISO w 2017 roku”. *Materiały Budowlane* 547 (3):82 – 83. DOI 10.15199/33.2018.03.33.
- [16] Piasecki M. 2019. „Międzynarodowa współpraca dotycząca harmonizacji wymagań i ocen środowiskowych wyrobów budowlanych”. *Materiały Budowlane* 559 (3): 64 – 66. DOI: 10.15199/33.2019.03.04.
- [17] Piasecki M. 2016. „Deklaracje środowiskowe materiałów budowlanych w Europie”. *Materiały Budowlane* 521 (1): 56 – 58. DOI: 10.15199/33.2016.01.17.
- [18] Piasecki M. 2010. „Kryteria oceny wyrobów i obiektów budowlanych pod kątem zgodności z wymaganiami zrównoważonego rozwoju”. *Budownictwo, Technologie, Architektura* 2: 40 – 46.
- [19] PLGBC, Raport pt. Zerowy ślad węglowy. Mapa drogowa dekarbonizacji budownictwa do roku 2050.
- [20] Tomaszewska J. 2017. „Deklaracje środowiskowe wyrobów budowlanych narzędziem wspierającym rozwój zrównoważonego budownictwa”. *Przegląd Budowlany* 88 (10): 34 – 36.
- [21] 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. *Official Journal of the European Union*. L88 (54). 5 – 43.

Przyjęto do druku: 19.11.2021 r.