

dr inż. Justyna Jaskowska-Lemańska^{1)*}

ORCID: 0000-0003-3116-0448

dr hab. inż. Agnieszka Leśniak, prof. PK²⁾

ORCID: 0000-0002-4811-5574

Analiza ekonomiczno- środowiskowa wybranego systemu balkonów dostawnych

Economic and environmental analysis of selected add-on balcony system

DOI: 10.15199/33.2023.05.08

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę kosztów i ocenę środowiskową systemu balkonów dostawnych wybranego z wprowadzanych obecnie na rynek budowlany. Analizie poddano jedno rozwiązanie konstrukcyjne w różnych wariantach materiałowych (dwa rodzaje stali czarnej, stal nierdzewna, aluminium). Każde z rozwiązań spełniało wymagania normowe dotyczące nośności i użyteczności. W analizie kosztowej uwzględniono koszty materiału, w tym zabezpieczenia antykorozyjnego oraz remontów wynikających z przyjętych rozwiązań. Największy koszt realizacji odnotowano w przypadku balkonów wykonanych ze stali nierdzewnej, zarówno na etapie montażu konstrukcji, jak i w całym cyklu życia obiektu. Analizę środowiskową przeprowadzono na podstawie deklaracji producentów EPD. Uzyskane wyniki wskazują, że najmniej korzystnym rozwiązaniem materiałowym pod względem środowiskowym jest zastosowanie stali nierdzewnej, a najkorzystniejszym – aluminium.

Słowa kluczowe: balkony dostawne; ocena środowiskowa; ocena kosztowa.

Abstract. The article presents a cost analysis and environmental assessment of a selected system of add-on balconies currently introduced to the construction market. One structural solution was analyzed in various material variants (two types of black steel, stainless steel, and aluminum), each meeting the required norms for load-bearing and usability for this type of construction. The cost analysis included material costs, including anti-corrosion protection and repair costs resulting from the adopted solutions. The highest implementation cost was recorded for balconies made of stainless steel, both for the installation stage of the structure and for the costs resulting from the full life cycle of the object. The environmental analysis was based on Environmental Product Declarations provided by the manufacturers. The results indicate that the least favorable material solution in terms of the environment is the use of stainless steel, while the most favorable is the use of aluminum components.

Keywords: add-on balconies; environmental assessment; cost assessment.

Zwiększenie zapotrzebowania na lokale mieszkalne o coraz wyższym standardzie skłania wielu inwestorów do poszukiwania nowoczesnych rozwiązań zwiększających wartość nieruchomości [1]. Jedną z propozycji zyskujących w ostatnich latach na popularności jest montaż balkonów dostawnych do obiektów, które w pierwotnej formie ich nie miały. Obecnie na rynku dostępnych jest kilka systemów bazujących na różnych rozwiązaniach materiałowo-konstrukcyjnych. Celem artykułu jest analiza kosztów i ocena środowiskowa wybranego systemu balkonów dostawnych. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe inwestycje oraz model rozwiązań z oznaczonymi grupami prętów, w przypadku któ-

rych prowadzono wymiarowanie, a następnie ocenę ekonomiczno-środowiskową.

Materiały i metody analizy

Przedmiotem badań była konstrukcja 5-kondygnacyjnego balkonu samowznoszącego. Analizę przeprowadzono w przypadku następujących materiałów: stal S235 (wariant I); stal S355 (wariant II); stal nierdzewna 1.4301 (wariant III); aluminium EN AW-6060 T6 (wariant IV). Każde z przedstawionych rozwiązań materiałowych spełniało wymagania normowe dotyczące nośności i użyteczności konstrukcji. W obliczeniach wytrzymałościowych uwzględniono stan docelowy konstrukcji i działające na nią obciążenia: stałe, eksploatacyjne oraz klimatyczne. Nie analizowano rozkładu sił wewnętrznych w konstrukcji na etapie jej wznoszenia. Przeprowadzono optymalizację każdego wariantu materiałowego konstrukcji w przypadku najmniejszej jej masy. **Analizę kosztową** sporządzono

na podstawie kalkulacji indywidualnej bazującej na analizie norm zakładowych oraz cenach robocizny, materiałów i sprzętu wraz z nośnikami cenotwórczymi wg informacji Sekocenbudu z III kwartału 2021 r. Uwzględniono koszty materiałów, w tym zabezpieczenia antykorozyjnego oraz remontów wynikających z przyjętych rozwiązań materiałowych jednego segmentu 5-kondygnacyjnej konstrukcji, a także wybrane aspekty pełnego cyklu życia konstrukcji w okresie pięćdziesięciu lat eksploatacji [3]. W przypadku konstrukcji ze stali S235 i S355 wzięto pod uwagę konieczność wykonania powłoki antykorozyjnej na etapie realizacji balkonu oraz po dwudziestu pięciu latach jego eksploatacji. Koszty spawania poszczególnych konstrukcji założono na poziomie 10% kosztów materiału. Ze względu na założenia dotyczące geometrii konstrukcji w analizie nie uwzględniono powtarzalnych i tych samych procesów, które są niezależne od przyjętego rozwiązania materiałowego.

¹⁾ AGH w Krakowie, Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami

²⁾ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej

* Adres do korespondencji: lemanska@agh.edu.pl



Rys. 1. Balkony dostawne: a) i b) przykładowe realizacje [2]; c) analizowany model
 Fig. 1. Add-on balconies: a) and b) example implementations [2]; c) analyzed model

Opracowanie własne
 Own elaboration

Ocena oddziaływania na środowisko to usystematyzowany sposób postępowania, polegający na identyfikowaniu i ocenie wpływu planowanych przedsięwzięć oraz ich alternatyw na określony obszar i zachodzące na nim procesy. Najpopularniejszym narzędziem oceny oddziaływania na środowisko jest metoda LCA (ang. *Life Cycle Assessment*) [4]. Ma ona na celu ocenę zagrożeń środowiskowych związanych z systemem wyrobu, przez identyfikowanie oraz ocenę ilościową zużytych materiałów/energii/odpadów wprowadzanych do środowiska oraz ocenę wpływu materiałów, energii i odpadów na środowisko. Ocenę wybranych rozwiązań materiałowych przeprowadzono na podstawie deklaracji producentów EPD (*Environmental Product Declarations*) [5 – 8]. Wykorzystano współczynnik ocieplenia globalnego (ang. *Global Warming Potential – GWP*), który służy do ilościowej oceny wpływu danej substancji na efekt cieplarniany. GWP porównuje ilość ciepła zatrzymanego przez określoną masę gazu (np. 1 kg) do ilości ciepła zatrzymanego przez taką samą masę dwutlenku węgla. Dodatkowo określono niekorzystne oddziaływanie na środowisko wynikające z procesu wytwarzania oraz montażu analizowanych konstrukcji w kontekście potencjału zubożenia stratosferycznej warstwy ozonowej (ODP), potencjału zakwaszenia gleby i wody (AP), potencjału eutrofizacji (EP), potencjału zubo-

żenia abiotycznego zasobów niekopalnych (ADPE), potencjału tworzenia ozonu troposferycznego (POCP) oraz potencjału zubożenia abiotycznego zasobów kopalnych (ADPF). Przeprowadzone analizy wykonano zgodnie z procedurą LCA z uwzględnieniem wymagań PN-EN 15643-2:2011 [9]. Ograniczono je do etapu produkcji materiału (moduły A1 ÷ A3, tj. pozyskanie surowców, transport i wytwarzanie) zgodnie z PN-EN 15978 [10]. Ze względu na brak istotnych różnic między analizo-

wanymi wariantami na etapie montażu/demontażu konstrukcji, moduły A4÷A5 i C1÷C4 (faza budowy i faza rozbiórki) nie były uwzględniane w ocenie środowiskowej analogicznie jak w analizie kosztowej.

Wyniki analizy

W tabeli 1 zestawiono profile niezbędne do wykonania jednego segmentu 5-kondygnacyjnego balkonu dobrane na podstawie obliczeń wytrzymałościowych i ich optymalizacji pod względem

Tabela 1. Zestawienie profili w poszczególnych wariantach materiałowych
 Table 1. Comparison of profiles in various material variants

Profil □ – RK □ – RP	Wariant I stal S235			Wariant II stal S355			Wariant III stal nierdzewna 1.4301			Wariant IV aluminium EN AW-6060 T6		
	(1)*	(2)**	(3)***	(1)*	(2)**	(3)***	(1)*	(2)**	(3)***	(1)*	(2)**	(3)***
□ 30 x 30 x 2	–	–	–	45	85	5,69	–	–	–	–	–	–
□ 40 x 40 x 3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45	169	7,52
□ 60 x 60 x 2,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15	178	9,36
□ 60 x 60 x 3	–	–	–	4	76	3,35	–	–	–	–	–	–
□ 70 x 70 x 3	4	90	3,93	4	90	3,93	4	90	3,93	–	–	–
□ 80 x 80 x 3	4	104	4,51	4	104	4,51	4	104	4,51	–	–	–
□ 80 x 80 x 4	4	136	4,48	8	230	7,58	4	136	4,48	4	48	4,48
□ 90 x 90 x 4	8	262	8,55	–	–	–	8	261	8,55	4	155	5,05
□ 100 x 100 x 5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	74	5,59
□ 50 x 25 x 2,5	60	241	12,89	–	–	–	60	241	12,89	–	–	–
□ 50 x 30 x 3	–	–	–	15	136	6,08	–	–	–	–	–	–
□ 90 x 50 x 3	15	187	8,16	15	187	8,16	15	187	8,16	–	–	–
□ 120 x 60 x 4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15	112	10,5
□ 180 x 100 x 4	20	1014	33	20	1014	33	20	1018	33	4	169	5,5
□ 150 x 100 x 4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	218	7,08
□ 200 x 100 x 6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	565	35,1
Suma		2034	75,52		1922	72,3		2037	75,52		1688	90,18

* (1) liczba [szt]; ** (2) masa całkowita [kg]; *** (3) powierzchnia malowania [m²]

krterium najmniejszej masy. Istotną różnicę w całkowitej masie projektowanej konstrukcji uzyskano jedynie w przypadku wariantu IV (profile wykonane z aluminium). Balkony wykonane z tego materiału miały o blisko 18% mniejszą masę niż w przypadku segmentu balkonów wykonanych ze stali nierdzewnej (wariant III), które wyróżniały się największą masą. Masa segmentów wariantów I i II była zbliżona do masy segmentów wariantu III. Podobnie powierzchnia wszystkich elementów w wariantach I – III była zbliżona, natomiast w wariantcie IV większa o 20% od pozostałych wariantów, co jest wynikiem wielkości wymaganych profili. Ma to znaczenie przede wszystkim w przypadku stali S235 i S355 (wariant I i II) ze względu na konieczność jej zabezpieczenia powłoką antykorozyjną. Powierzchnia malowania elementów wariantu II jest o 4,3% mniejsza w porównaniu z wariantem I.

Wyniki oceny ekonomicznej pozwalają stwierdzić, że największy koszt realizacji odnotowano w przypadku balkonów wykonanych ze stali nierdzewnej. Dotyczy to zarówno etapu wznoszenia, jak i całkowitych kosztów uwzględniających pełen cykl życia obiektu. W przypadku etapu wznoszenia konstrukcje wykonane ze stali S235 i S355 (wariant I i II) stanowią ok. 19% kosztów konstrukcji ze stali nierdzewnej (wariant III). Konstrukcja aluminiowa (wariant IV) jest również o ok. 60% tańsza niż ze stali nierdzewnej. Proporcje te niewiele się zmieniają po uwzględnieniu prac koniecznych do wykonania podczas całego okresu eksploatacji (remonty). W tym przypadku konstrukcje w wariantach I i II stanowią ok. 25% kosztów konstrukcji w wariantcie III. Uzyskane wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

Zbiorcze zestawienie przyjętych jednostkowych wartości wskaźników środowiskowych pokazano w tabeli 3. Niekorzystne oddziaływanie na środowisko transportu półproduktów do siedziby wybranego producenta zostało przeanalizowane w przypadku dwóch wariantów – 100 km (transport A) i 600 km (transport B). Jako środek transportowy przyjęto pojazd o nośności 16 – 32 tony oraz klasy silnika Eu-

Tabela 2. Wyniki analizy kosztów wznoszenia oraz utrzymania balkonów dostawnych
Table 2. Results of analysis of costs of construction and maintenance of add-on balconies

Charakterystyka	Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant IV
Masa konstrukcji [kg]	2033	1923	2036	1688
Powierzchnia malowania [m ²]	75,51	72,29	75,51	90,18
Średnia cena jednostkowa za materiał [zł/kg]	6,20	7,06	42,60	20,77
Koszt materiału [zł]	12 604,60	13 576,38	86 733,60	35 059,76
Koszt spawania [zł]	1 260,46	1 357,64	8 673,36	3 505,98
Koszt jednostkowy malowania z podkładem [zł/m ²]	48,00	48,00	0,00	0,00
Koszt malowania [zł]	3 624,48	3 469,92	0,00	0,00
Koszt jednostkowy malowania z podkładem i piaskowaniem [zł/m ²]	83,00	83,00	0,00	0,00
Koszt malowania (w ramach remontu) [zł]	6 267,33	6 000,07	0,00	0,00
Koszt całkowity na etapie wznoszenia [zł]	17 489,54	18 403,94	95 406,96	38 565,74
Koszt całkowity w pełnym cyklu życia [zł]	23 756,87	24 404,01	95 406,96	38 565,74

Tabela 3. Jednostkowe wartości wskaźników środowiskowych w przypadku deklaracji EPD [5 – 8]

Table 3. Unit values of environmental indicators based on EPD declarations [5 – 8]

Kategorie	Wariant I i II		Wariant III			Wariant IV		
	A1 – A3 (materiał)	A1 – A3 (malowanie)	A1	A2	A3	A1	A2	A3
GWP	1,13E+03	5,080E+00	1,24E+03	4,73E+01	7,37E+02	1,92E+01	2,63E-01	3,67E+02
ODP	1,96E-09	4,57E-07	6,16E-05	7,27E-06	1,38E-04	8,38E-07	0,00E+00	6,61E-09
AP	2,16E+00	2,37E-02	1,93E+01	5,51E-01	9,00E-01	1,11E-01	5,40E-03	8,45E-05
EP	2,19E-01	1,870E-03	7,36E-01	7,33E-02	3,50E-01	2,75E-02	7,50E-04	1,39E-05
POCP	4,02E-01	1,63E-02	1,23E+00	4,73E-02	2,53E-01	7,12E-03	9,06E-05	8,42E-06
ADP el ¹⁾	4,92E-04	7,20E-05	4,61E-02	3,04E-04	6,15E-03	2,12E-05	0,00E+00	1,36E-06
ADP foss ²⁾	1,02E+04	6,64E+01	1,42E+04	6,22E+02	8,24E+03	2,37E+02	1,69E+00	3,76E+00

¹⁾ ADP el – potencjał zubożenia abiotycznego zasobów kopalnych (pierwiastki); ²⁾ ADP foss – potencjał zubożenia abiotycznego zasobów kopalnych (paliwa)

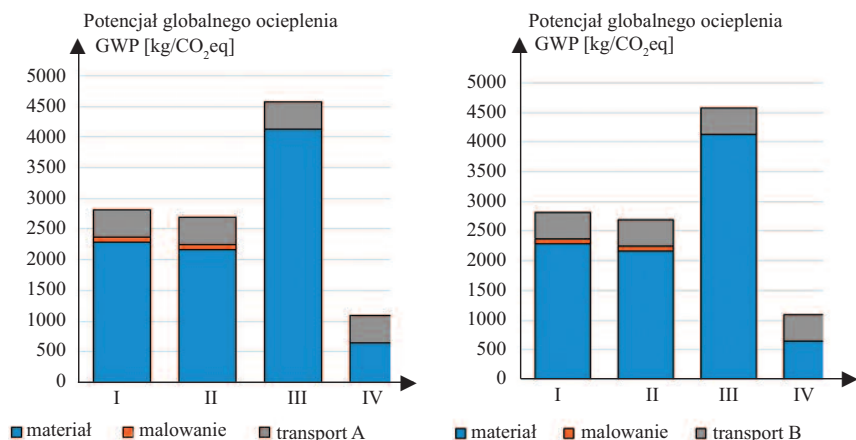
ro 5 (diesel) o stałej wielkości załadunku 24 tony. Sumaryczne wartości analizowanych wskaźników środowiskowych uwzględniających rzeczywiste zużycie materiału do produkcji przedmiotowych balkonów dostawnych w wariantach I – IV oraz transportu materiału zestawiono w tabeli 4. Natomiast na rysunku 2 pokazano wartości wskaźnika GWP poszczególnych rozwiązań materiałowych z uwzględnie-

niem procesów malowania i transportu. Najmniejszą wartość GWP uzyskano w przypadku wariantu IV. Przy założonym transporcie A w wariantcie I i II wartość wskaźnika GWP jest w przybliżeniu 3-krotnie większa niż w wariantcie IV, a w wariantcie III aż 5-krotnie większa. Warto zwrócić uwagę, że w przypadku transportu B w wariantcie IV wartość GWP, pochodząca od procesów transportowych, stano-

Tabela 4. Sumaryczne wartości wskaźników środowiskowych w przypadku poszczególnych wariantów

Table 4. Total values of environmental indicators for individual variants

Kategorie	Wariant I		Wariant II		Wariant III	Wariant IV	Transport	
	materiał	malowanie	materiał	malowanie	materiał	materiał	A – 100 km	B – 600 km
GWP	2,29E+03	7,67E+01	2,17E+03	7,34E+01	4,13E+03	6,53E+02	7,49E+01	4,49E+02
ODP	3,98E-09	6,90E-06	3,76E-09	6,61E-06	4,22E-04	1,43E-06	6,03E-11	3,62E-10
AP	4,38E+00	3,58E-01	4,15E+00	3,43E-01	4,23E+01	1,97E-01	1,64E-01	9,85E-01
EP	4,45E-01	2,82E-02	4,20E-01	2,70E-02	2,36E+00	4,78E-02	3,85E-02	2,31E-01
POCP	8,16E-01	2,46E-01	7,72E-01	2,36E-01	3,12E+00	1,22E-02	7,15E-03	4,29E-02
ADP el	9,99E-04	1,09E-03	9,45E-04	1,04E-03	1,07E-01	3,81E-05	6,68E-06	4,01E-05
ADP foss	2,07E+04	1,00E+03	1,96E+04	9,60E+02	4,70E+04	4,10E+02	1,02E+03	6,12E+03



Rys. 2. Wartości wskaźnika GWP w przypadku poszczególnych rozwiązań materiałowych
Fig. 2. GWP indicator values for individual material solutions

wi 40% całej jej wartości. W związku z tym, że transport jest wartością stałą w przypadku poszczególnych odległości (A i B), pozostałe wskaźniki środowiskowe uzyskane w poszczególnych wariantach analizowano z jego pominięciem. Na rysunku 3 porównano wartości poszczególnych wskaźników środowiskowych (z uwzględnieniem procesu malowania w wariantach I i II). Wyniki wskazują, że niezależnie od analizowanego wskaźnika najmniej korzystne pod względem środowiskowym jest rozwiązanie ze stali nierdzewnej (wariant III), natomiast najmniejszy wpływ na środowisko wykazuje wariant IV (konstrukcja z aluminium). Warianty I i II można uznać za zbliżone do wariantu IV pod względem potencjału niszczenia ozonu

(ODP) oraz uszczuplenia zasobów abiotycznych (ADP el). W przypadku pozostałych analizowanych wskaźników środowiskowych można przyjąć, że warianty I i II stanowią 10–40% wartości wskaźników wariantu III.

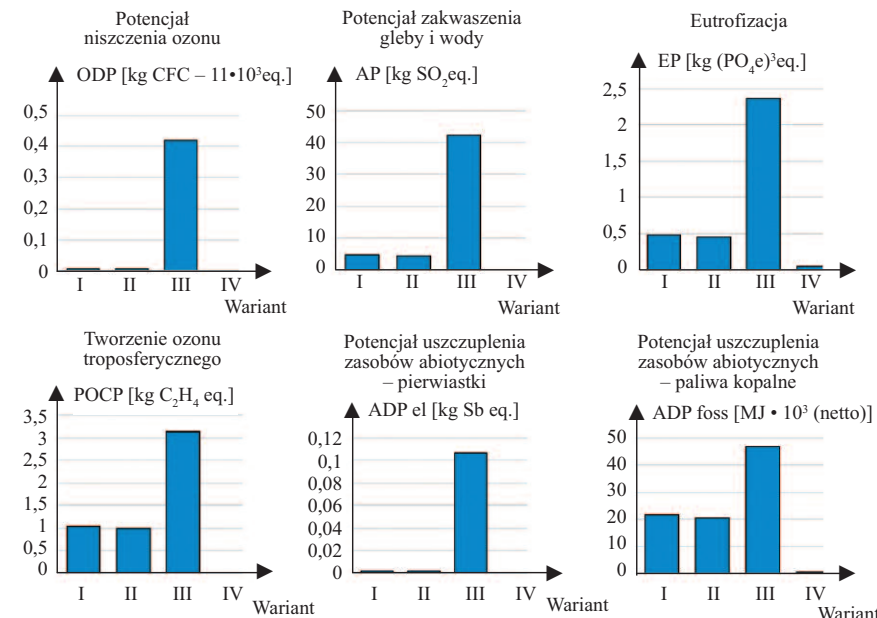
Wnioski

Wykonano analizę ekonomiczno-środowiskową przyjętych rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych 5-kondygnacyjnego balkonu dostawnego. Zarówno w ocenie środowiskowej, jak i kosztowej najmniej korzystne okazało się rozwiązanie ze stali nierdzewnej (wariant III). Najkorzystniejszym rozwiązaniem pod względem środowiskowym jest konstrukcja z aluminium, ale rozwiązanie to jest o 38% droższe

w pełnym cyklu życia i o 54% droższe na etapie wznoszenia konstrukcji niż najkorzystniejszy wariant pod względem kosztowym (ze stali S235). Dodatkowo, konstrukcja aluminiowa wymaga zastosowania profili o największym przekroju, co może w pewnym zakresie wpływać na zagospodarowanie przestrzeni balkonów. Pod względem ekonomicznym warianty I i II różnią się nieznacznie (różnica ok. 2,5%), natomiast oddziaływanie środowiskowe w przypadku zastosowania stali S355 jest mniejsze (wskaźnik GWP o 5,4%) niż stali S235, co może przemawiać za tym rozwiązaniem. W celu jednoznacznego wskazania najkorzystniejszego wariantu można przeprowadzić analizę wielokryterialną uwzględniającą wszystkie czynniki istotne dla inwestora, która w znacznym stopniu wspomogłaby wybór konkretnego rozwiązania konstrukcyjno-materiałowego.

Literatura

- [1] Mach Ł. Czynniki kształtujące wartość nieruchomości mieszkaniowych w kontekście uwarunkowań makro-, mikro- oraz ultraotoczenia. *Ekonomometria*. 2014; DOI: 10.15611/ekt. 2014.4.05.
- [2] <https://copal.com.pl/balkony-dostawne.html> dostęp 10.02.2023.
- [3] Leśniak A, Zima K. Kosztorysowanie robót budowlanych z programem ZUZIA 11, Wydawnictwo PK, 2014.
- [4] Wałach D, Sagan J, Jaskowska-Lemańska J. Environmental assessment in the integrated life cycle design of buildings. *Czasopismo Techniczne*. 2017; <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.17.136.6887>.
- [5] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), Environmental Product Declarations Structural No. EPD-BFS-20180116-IBG2-EN Steel: Sections and Plates. 2018.
- [6] Instytut Techniki Budowlanej, Environmental Product Declaration No. 260/2021 Aluminium profiles. 2021.
- [7] UL Environment; Environmental Product Declarations – Aperam No. 304 Cold Rolled Austenitic Stainless Steels. 2020.
- [8] The Building Information Foundation RTS sr, Environmental Product Declarations No. RTS_187_22 Fontecoat FD 20. 2022.
- [9] PN-EN 15978 2012 Zrównoważone obiekty budowlane – Ocena środowiskowych właściwości użytkowych budynków – Metoda obliczania.
- [10] PN-EN 15643-2 2011 Zrównoważoność obiektów budowlanych – Ocena budynków – Część 2: Zasady oceny właściwości środowiskowych.



Rys. 3. Porównanie analizowanych wskaźników środowiskowych
Fig. 3. Comparison of analyzed environmental indicators

Przyjęto do druku: 24.03.2023 r.